

Aus der Klinik für Chirurgie  
der Universität Erlangen – Nürnberg  
Direktor: Prof. Dr. F. P. Gall

---

# Intraoperative Temperaturmessungen bei Neugeborenen und Säuglingen – therapeutische Konsequenzen

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde  
der Medizinischen Fakultät  
der Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen – Nürnberg

vorgelegt von  
**Karl Meyer**  
aus  
Oberzenn





Aus der Klinik für Chirurgie  
der Universität Erlangen – Nürnberg  
Direktor: Prof. Dr. F. P. Gall

---

# Intraoperative Temperaturmessungen bei Neugeborenen und Säuglingen – therapeutische Konsequenzen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde  
der Medizinischen Fakultät  
der Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen – Nürnberg

vorgelegt von

**Karl Meyer**

aus

Obernzenn

Gedruckt mit Erlaubnis der medizinischen Fakultät  
der Universität Erlangen - Nürnberg

Dekan: Prof. Dr. W. Kersten

Referent: Prof. Dr. G. H. Willital

Korreferent: Prof. Dr. F. P. Gall

Tag der mündlichen Prüfung: 18.11.1980

Gewidmet  
meiner Mutter







## I N H A L T

|   |                      |   |
|---|----------------------|---|
| A | EINLEITUNG . . . . . | 8 |
|---|----------------------|---|

---

|    |                                                                                      |    |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. | Physiologie und Pathophysiologie<br>des Wärmehaushaltes beim Säugling . . . .        | 9  |
| 2. | Wärmeverluste während der Operation . . .                                            | 14 |
| 3. | Negative Auswirkungen einer Hypothermie .                                            | 18 |
| 4. | Zusatzuntersuchung in der Beobachtungs-<br>abteilung der Universitäts-Kinderklinik . | 22 |

|   |                                 |    |
|---|---------------------------------|----|
| B | UNTERSUCHUNGSMETHODEN . . . . . | 29 |
|---|---------------------------------|----|

---

|    |                                                                                                  |    |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. | Beschreibung von Meßgerät, Meßanordnung<br>und Versuchsdurchführung . . . . .                    | 29 |
| 2. | Beschreibung der äußeren Umstände,<br>unter denen eine Operation durchgeführt<br>wurde . . . . . | 35 |
| 3. | Datenerfassungs- und Auswertungsverfahren .                                                      | 41 |



C    BESCHREIBUNG UND AUSWERTUNG DER  
      UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE . . . . . 44

---

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Beschreibung des Kollektivs . . . . .                                            | 44  |
| 2. Temperaturverlaufskurven des<br>Gesamtkollektivs . . . . .                       | 49  |
| 3. Temperaturverlaufskurven analysiert<br>nach dem Alter . . . . .                  | 52  |
| 4. Temperaturverlaufskurven analysiert<br>nach Wärmeschutzmaßnahmen . . . . .       | 64  |
| 5. Temperaturverlaufskurven analysiert<br>nach Alter und Wärmeschutzmaßnahmen . . . | 80  |
| 6. Temperaturverlaufskurven analysiert<br>nach der Art der Operation . . . . .      | 95  |
| 7. Temperaturverlaufskurven analysiert<br>nach der Art der Narkose . . . . .        | 107 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| D S C H L U S S . . . . . | 124 |
|---------------------------|-----|

---

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Verzeichnis weiterer Techniken und<br>Verfahren zur Hypothermieprophylaxe . . | 124 |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 2. Zusammenfassung . . . . . | 126 |
|------------------------------|-----|

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| Literaturverzeichnis . . . . . | 130 |
|--------------------------------|-----|

## A E I N L E I T U N G

Die Vermeidung von Kältestress während der Behandlung ist Intention aller, die mit der konservativen oder chirurgischen Behandlung von Säuglingen zu tun haben.

Von Bosina, Dick, Farman, Tsingoglou und anderen (5, 16, 21, 24, 26, 28, 42, 55) wird jedoch über teilweise erhebliche Wärmeverluste bei ihrem Patientengut, hauptsächlich unterhalb eines Alters von einem Jahr, berichtet.

Im folgenden wird unser eigenes Patientengut auf intraoperative Wärmeverluste hin untersucht und Möglichkeiten zu ihrer Vermeidung getestet.

# 1. PHYSIOLOGIE UND PATHOPHYSIOLOGIE DES WÄRMEHAUSHALTES BEIM SÄUGLING.

---

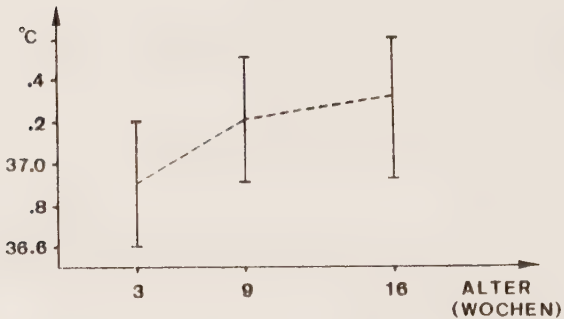


Abb. 1: Normalbereiche der Körperkerntemperatur  
in Abhängigkeit vom Lebensalter (10).  
Tageszeit: 6 - 18 Uhr.

Der Säugling zeigt eine maximale Steigerung der Wärmebildung bei einer Umgebungstemperatur von 23 °C: 100 - 200 % des Grundumsatzes entsprechend einem Energieumsatz von 3 - 4,5 kcal pro kg Körpergewicht und Stunde (Erwachsene: bis 25% GU  $\hat{=}$  1,25 kcal/kg·h) (7). Eine weitere Steigerung der Wärmebildung ist nicht möglich, so daß bei einer Raumtemperatur unter 23 °C ein Abfallen der Körpertemperatur beim Säugling beobachtet wird (7).



# Volumen - Oberflächen - Verhältnis

| Alter      | Körpergewicht<br>kg |     | Länge<br>cm |     | Oberfläche<br>m <sup>2</sup> |       | Quotient $\frac{\text{Oberfläche}}{\text{Gewicht}}$<br>$\times 10^{-2}$ |      | Quotient $\frac{\text{Oberfläche}}{\text{Volumen}}$<br>$\times 10^{-2}$ |      | Spez. Gewicht |
|------------|---------------------|-----|-------------|-----|------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------|------|---------------|
|            | ♂                   | ♀   | ♂           | ♀   | ♂                            | ♀     | ♂                                                                       | ♀    | ♂                                                                       | ♀    |               |
| Geburt     | 3,4                 | 3,3 | 51          | 50  | 0,217                        | 0,204 | 6,27                                                                    | 6,18 | 6,20                                                                    | 6,12 | Sgl.: 1,01    |
| 1 Monat    | 3,8                 | 3,6 | 53          | 52  | 0,234                        | 0,224 | 6,16                                                                    | 6,22 | 6,10                                                                    | 6,16 |               |
| 3 Monate   | 5,8                 | 5,6 | 61          | 59  | 0,321                        | 0,302 | 5,54                                                                    | 5,39 | 5,48                                                                    | 5,34 |               |
| 6 Monate   | 7,8                 | 7,5 | 68          | 66  | 0,399                        | 0,379 | 5,12                                                                    | 5,06 | 5,07                                                                    | 5,01 |               |
| 1 Jahr     | 10,2                | 9,8 | 75          | 74  | 0,481                        | 0,469 | 4,72                                                                    | 4,79 | 4,67                                                                    | 4,74 |               |
| Erwachsene | 75                  | 65  | 175         | 165 | 1,916                        | 1,732 | 2,55                                                                    | 2,66 | 2,41                                                                    | 2,51 | Erw.: 1,06    |

Tab. 1: Werte für Körperoberfläche und Körpergewicht in Abhängigkeit vom Lebensalter (modifiziert nach den Schlesinger-Tabellen) sowie für die Quotienten Körpergewicht/Körperoberfläche und Volumen/Oberfläche.

Formel für die Berechnung der Körperoberfläche beim Säugling (44):

$$KO = 0,0087 \cdot ( \text{Länge} + \text{Gewicht} ) - 0,26 \quad \left[ \text{m}^2 \right]$$

Formel für die Berechnung der Körperoberfläche beim Erwachsenen (DuBois):

$$KO = 167,2 \cdot \text{Gewicht} \cdot \text{Länge} \cdot 10^{-4} \quad \left[ \text{m}^2 \right]$$

Das Volumen - Oberflächen - Verhältnis ist beim Säugling unter dem Aspekt der Wärmeregulation ungünstiger als beim Erwachsenen (21, 30).

## Braunes Fettgewebe und zitterfreie Thermogenese

Neugeborene und junge Säuglinge verfügen über eine zusätzliche Möglichkeit zur Wärmebildung durch Energieumsatz im braunen Fettgewebe, lokalisiert als tiefe Schicht interscapulär ("hibernation gland"), an einigen Stellen im oberen Mediastinum und im Retroperitoneum, und als oberflächliche Schicht im Bereich der Subcutis der seitlichen und hinteren Halsregion und der oberen Rückenpartien (3, 8, 9, 11, 18, 19). Die venöse Drainage des dort erwärmten Blutes erfolgt über die hinteren äußeren Anteile des Plexus vertebralis zu den Vv. jugularis und azygos und über die vorderen inneren Anteile des Plexus vertebralis. Auf diese Weise wird die Temperatur im oberen Spinalkanal beeinflusst.

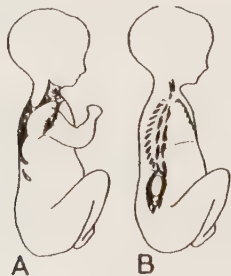


Abb. 2: Topographie des braunen Fettgewebes.  
A: Oberflächliche Schicht (Hals und Rücken).  
B: Tiefe Schicht (Interscapulär, oberes Mediastinum, Retroperitoneum).

Die Thermogenese im braunen Fettgewebe wird von den cutanen Thermorezeptoren, übergeordnet vom Temperaturzentrum im Hypothalamus gesteuert, Transmittersubstanz ist das Noradrenalin. Die zitterfreie Thermogenese kann im Tierversuch durch Ganglienblocker wie z.B. Hexamethonium unterbunden werden.

Physiologisches Ziel der Thermogenese aus dem braunen Fettgewebe ist die Verhinderung von übersteigertem Muskelzittern bei Unterkühlung.

#### Erhöhter Wassergehalt aller Gewebe

Der Gesamtwassergehalt des Körpers beträgt

80 % des Körpergewichts beim Säugling und

60 % des Körpergewichts beim Erwachsenen.

Dieser Unterschied resultiert hauptsächlich aus dem relativ größeren Interstitium, nämlich

45 % des Körpergewichts beim Säugling und

16 % des Körpergewichts beim Erwachsenen.

Der tägliche Gesamtwasserumsatz beträgt

20 % des Körpergewichts beim Säugling und

3 % des Körpergewichts beim Erwachsenen.

Durch die Verdunstungskälte bei der Perspiratio insensibilis resultiert ebenso eine erhöhte Unterkühlungsgefahr für den Säugling wie durch

die im Vergleich zum Erwachsenen auf 30 - 50 % erniedrigte Isolationsfähigkeit der Körperschale (7, 29).

#### Temperaturzentrum im Hirnstamm

Das für die Wärmeregulation zuständige Kerngebiet in den caudalen sympathischen und den rostralen parasympathischen Anteilen des Hypothalamus ist wie auch andere vegetative Regelzentren zum Zeitpunkt der Geburt noch nicht voll ausgereift (29). Aus der unvollkommenen zentralnervösen Steuerung der Wärmeregulation resultiert eine mangelhafte Adaptationsfähigkeit des Säugling besonders in extremen Bereichen der Umgebungstemperatur.

Insgesamt muß nach Betrachtung aller Umstände gefolgert werden, daß sich Kältestress beim Neugeborenen und jungen Säugling verhängnisvoller auswirkt als beim Erwachsenen.

## 2. WÄRMEVERLUSTE WÄHREND DER OPERATION

---

### Verluste durch Radiation

Da der zu operierende Säugling während der Operationsvorbereitungen zumindest kurzzeitig nackt ausgezogen werden muß, ist ein Wärmeverlust durch Abstrahlung insbesondere in klimatisierten Räumen unvermeidlich, da die Raumtemperatur hier nur etwa um 20 °C beträgt (genaue Daten s. unten).

### Verluste durch Konvektion

Die Luftbewegung ist in der Operationsabteilung wegen der meist geöffneten großen Türen und Durchgänge oft erheblich. Hinzu kommt der durch die Klimaanlage verursachte zusätzliche Luftstrom (Daten s. unten), so daß ein nicht unerheblicher Teil der gesamten Wärmeverluste durch Konvektion bedingt sein dürfte.



### Verluste durch Konduktion

Bei der Lagerung eines Säuglings auf einem nicht beheizbaren Operationstisch bzw. auf einem Operationstisch ohne Wärmematte, ebenfalls, wenn das praeoperative sterile Abdecken des Operationsgebietes nicht mit noch warmen Tüchern geschieht, wird dem Körper des Patienten zusätzlich und vermeidbar Wärme entzogen.

### Verluste durch Vaporisation

Verdunstungskälte tritt in der Operationsabteilung außer wegen der schon erwähnten erhöhten Perspiratio insensibilis aus zwei Gründen auf: wegen der geringen Luftfeuchtigkeit aus der Klimaanlage (Werte s. unten) und wegen der praeoperativen Hautdesinfektion des Operationsfeldes mit niedrig siedenden Flüssigkeiten wie Aether oder Alkohol 70% bzw. alkoholischen Lösungen (z.B. Kodan<sup>R</sup>).

Es wird unten gezeigt, daß während und nach der Desinfektion die stärkste Wärmeeinbuße stattfindet.

In der Literatur (5, 16, 21, 24, 26, 37, 41, 55 u.a.) wird darauf hingewiesen, daß durch die Summe der angeführten negativen Einflüsse bei großen Laparotomien oder Thorakotomien durch das Offenliegen reich vaskularisierter Gewebe und Organe in der relativ kühlen Umgebung des klimatisierten Operationssaales die Gefahr einer Hypothermie wesentlich größer ist als bei Eingriffen, in deren Verlauf Peritoneum bzw. Pleura nicht eröffnet wird, wie z.B. Herniotomien oder Extremitätenoperationen.

#### Verluste durch die Anaesthesie

Die Inhalationsnarkotika Halothan (z.B. Fluothane<sup>R</sup>) oder Enfluran (z.B. Ethrane<sup>R</sup>) erweitern die periphere Blutbahn; Succinylbischolin (z.B. Lysthenon<sup>R</sup>) oder d-Tubocurarin (z.B. Curarin HAF<sup>R</sup>) als Muskelrelaxantien verhindern das ohnehin wie oben ausgeführt verminderte Muskelzittern.

Durch diese Nebenerscheinungen wird einerseits eine erhöhte Wärmeabgabe und andererseits eine verminderte Wärmebildung verursacht.

Weiter resultiert aus der Applikation von unbefeuchtem Inspirationsgas eine vermehrte Verdunstung im Alveolarbereich und im Bronchialbaum.

Der Aufenthalt im kühlen Klima der Operations-  
abteilung wird durch die beim Säugling oft  
erschwerete Venenpunktion zusätzlich erheblich  
verlängert.

Dies könnte vermieden werden, wenn die Kinder am  
Operationstag bereits in den warmen Räumen der  
jeweiligen Pflegestationen mit einem absolut  
suffizienten Venenzugang wie z.B. Intracat<sup>R</sup>  
versorgt würden.

### 3. NEGATIVE AUSWIRKUNGEN EINER HYPOTHERMIE

---

Hypothermie unter  $36^{\circ}\text{C}$  rektal übt eine curariforme Wirkung auf den Muskeltonus aus und verstärkt so die Wirkung der Muskelrelaxantien. Außerdem wird eine Potenzierung der Narkosetiefe und damit eine weitere Schwächung der ohnehin insuffizienten zentralen Temperaturregulation bewirkt (54).

#### Atmung und $\text{O}_2$ - Utilisation

Hypothermie wirkt depressiv auf das Atemzentrum und im Sinn der oben angeführten curariformen Wirkung auch auf die Atemmuskulatur. Es resultiert eine Abflachung und Verlangsamung der Atmung. Außerdem werden Apnoezustände zumindest gefördert (17). Allerdings tritt bei geringgradiger Hypothermie zunächst eine Beschleunigung von Ventilation, Respiration und pulmonaler Zirkulation ein. Die Blutgaswerte ändern sich komplex je nach dem Grad der Hypothermie. Bei stärkerer Unterkühlung verlagert sich die Hämoglobin - Dissoziationskurve für  $\text{O}_2$  unter

Verschlechterung der Sauerstoffabgabe an die Gewebe  
nach links (s. Abb.).

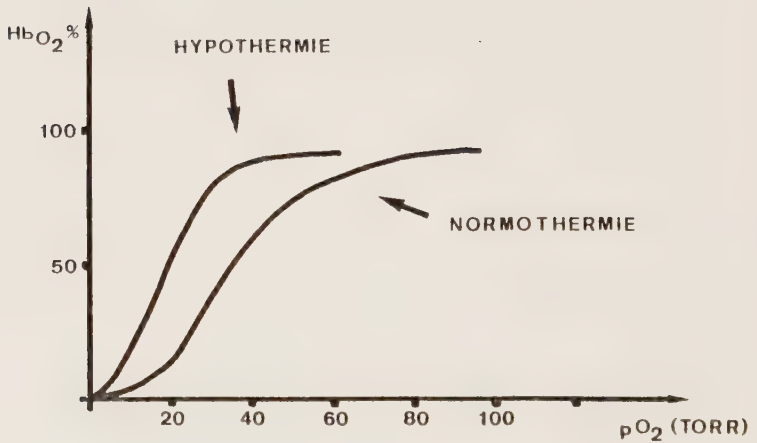


Abb. 3: Verlagerung der O<sub>2</sub> - Bindungskurve unter  
Hypothermiebedingungen

## Herz - Kreislauf - System

In der Hypothermie finden am Herz - Kreislauf - System folgende Veränderungen statt:

- Peripherer Blutdruck: Steigt an.
- Pulsfrequenz: Sinkt ab.
- Herzminutenvolumen: Nimmt ab.
- Herzschlagvolumen: Nimmt ab.
- Na/K - Quotient am myokardialen Plasmalemm: Hyperpolarisation.
- Myokardiale  $O_2$  - Aufnahme: Steigt an.

## Biochemische Aspekte

Bei Unterkühlung ändern sich die biochemischen Parameter wie folgt:

- Kohlehydratstoffwechsel: Herabgesetzt.
- Glucosetoleranz: Herabgesetzt.
- Insulinwirkung: Vermindert.
- Plasma - Kalium: Erniedrigt.
- Serum - Magnesium: Erhöht.
- Kälteinduzierte Autoantikörper gegen Erythrozyten werden vereinzelt beobachtet,



die beim Wiedererwärmen als Autohämolyse  
wirksam werden und zur Hämoglobinurie führen  
können.

### NEGATIVE AUSWIRKUNGEN DER UNTER- KÜHLUNG BEI SÄUGLINGEN POST-OP.

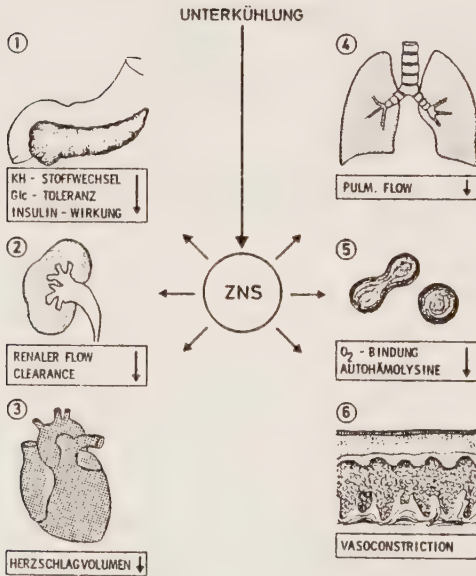


Abb. 4: Schema der Hypothermiewirkungen auf den  
Gesamtorganismus.

#### 4. ZUSATZUNTERSUCHUNG IN DER BEOBSCHTUNGSABTEILUNG DER UNIVERSITÄTS - KINDERKLINIK

---

##### Versuchsbeschreibung

Um festzustellen, in welchem Ausmaß diejenigen Säuglinge, die unmittelbar nach der Operation in die Beobachtungsabteilung der Universitäts - Kinderklinik verlegt werden mußten, unter einer Hypothermie litten, wurde zusätzlich zum ursprünglichen Versuchsprogramm eine retrospektive Untersuchung mit Hilfe des folgenden Erhebungsbogens angestellt.

Kerntemperatur von Säuglingen, die nach chirurgischer  
Behandlung in die Beobachtungsabteilung der  
Universitäts-Kinderklinik verlegt wurden.

.....

Name ..... Lfd Nummer .....

Krankenblatt - Nummer .....

Datum .....

Alter (Monate) .....

Gewicht (kg) .....

Art der Operation .....

Dauer der Operation .....

Rektaltemperatur präoperativ .....°C

Rektaltemperatur bei Ankunft in der  
Beobachtungs-Abteilung .....°C

Abb. 5: Erhebungsbogen zur Zusatzuntersuchung:  
"Wärmeverluste bei postoperativen  
Intensivpatienten".

In der Intensivpflegeabteilung der Universitäts-  
Kinderklinik wurden die Daten aller Patienten im  
Alter zwischen 2 Tagen und 15 Monaten gesammelt,  
die im Zeitraum zwischen September 1976 und  
Oktober 1977 unmittelbar nach einer Operation  
dahin verlegt worden waren.

## Versuchsauswertung

Körpergewicht und Alter dieser Kinder verteilte sich wie aus der Graphik in Abb. 6 ersichtlich.

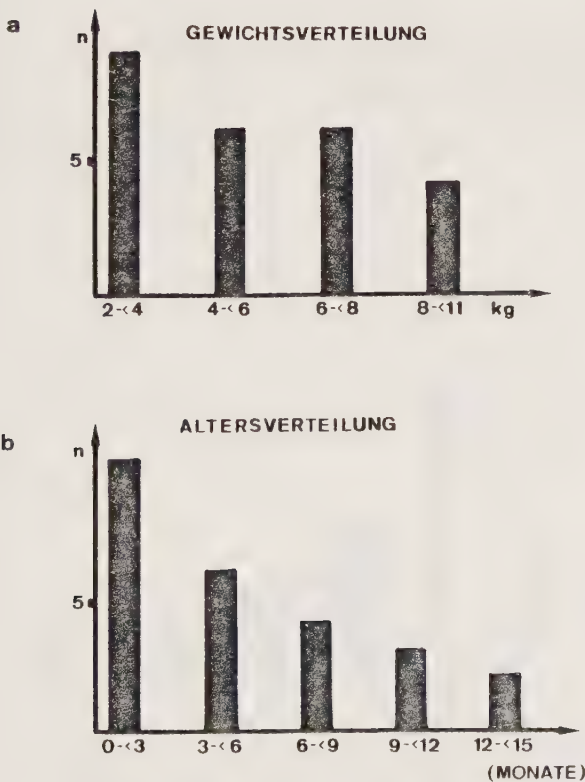


Abb. 6: Körpergewicht (a) und Alter (b) von 25 Säuglingen, die einer postoperativen Intensivbehandlung unterzogen wurden.

An diesen Patienten waren folgende Operationen durchgeführt worden:

Herzchirurgische Eingriffe: n = 10

Bauchchirurgische Eingriffe: n = 7

Neurochirurgische Eingriffe: n = 6

Sonstige Eingriffe: n = 2

---

Summe: n = 25

Die Dauer der einzelnen Eingriffe verteilte sich wie aus Abb. 7 ersichtlich.

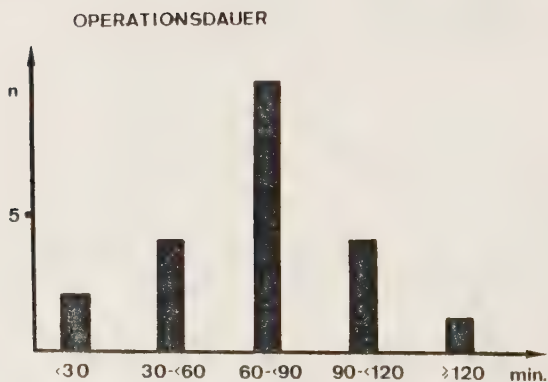


Abb. 7: Dauer der Operationen, die eine post-operative Intensivbehandlung erforderlich machten.

Aufgeschlüsselt nach der Art der Operation ergibt sich folgendes Bild für die durchschnittliche Operationsdauer:

|                                |          |
|--------------------------------|----------|
| Herzoperationen:               | 110 min. |
| Neurochirurgische Operationen: | 81 min.  |
| Bauchchirurgische Operationen: | 47 min.  |

Die Körperkerntemperatur änderte sich bei den hier untersuchten Säuglingen durch den Aufenthalt in der Operationsabteilung wie aus Abb. 8 ersichtlich.

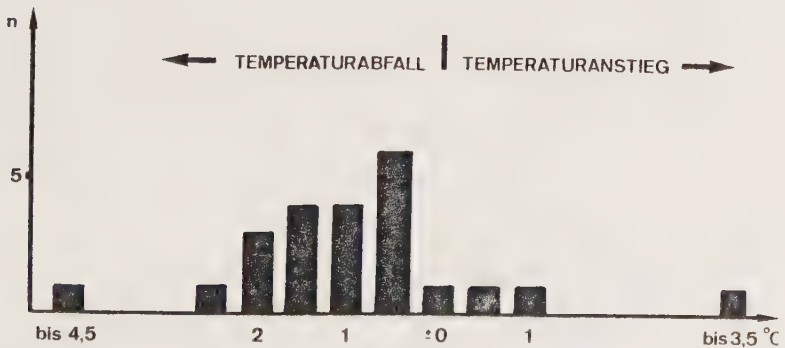


Abb. 8: Intraoperative Änderungen der Rektaltemperatur bei 25 Säuglingen mit postoperativer Intensivbehandlung.

Aufgeschlüsselt nach der Art der Operation zeigt sich für das Verhalten der Rektaltemperatur folgendes Ergebnis (Durchschnittswerte):

Neurochirurgische Operationen:

Temperaturabfall: 1,9 °C

Temperaturanstieg: ./.

Herzoperationen:

Temperaturabfall: 0,9 °C

Temperaturanstieg: n = 2 (+3,4°C und +0,7°C)

Bauchchirurgische Operationen:

Temperaturabfall: 0,8 °C

Temperaturanstieg: n = 1 (+0,3°C)

Hieraus ergibt sich, daß die neurochirurgischen Patienten aus der Gruppe mit postoperativer Intensivbehandlung relativ die stärksten Wärmeverluste aufzuweisen hatten.

Zusammenfassung:

Von 25 Säuglingen, die innerhalb eines Jahres unmittelbar post operationem einer Intensivpflege unterzogen werden mußten, fanden sich beim Eintreffen in der Beobachtungsabteilung der Kinderklinik in 6 Fällen Rektaltemperaturen unter 36 °C und in 8 Fällen eine Differenz zur Ausgangstemperatur

von mehr als  $-1,0^{\circ}\text{C}$ . Eine wesentliche Temperatursteigerung war nur in einem Fall zu beobachten. Bei einigen der besonders stark unterkühlten Patienten wurden vom aufnehmenden Arzt der Beobachtungsabteilung teilweise alarmierende klinische Unterkühlungszeichen protokolliert, wie marmorierte Haut, cyanotische Akren bis hin zur schweren Atem- und Kreislaufdepression.





## B U N T E R S U C H U N G S M E T H O D E N

### 1. BESCHREIBUNG VON MESSGERÄT, MESSANORDNUNG UND VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Abb. 9:

Temperaturmonitor

"Servomed", Hellige.

Amtlich geeichter Meßbereich:

32 .... 42 °C.

Alarmeinrichtung:

Obergrenze

Digitale Meßwertanzeige

Alarmeinrichtung:

Untergrenze

Eichmarke

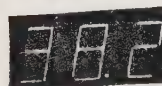
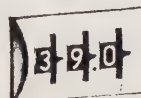
Eingang für Meßfühler

(Klinkensteckbuchse)

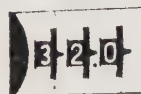
Meßfühler: Erdfrei isolierte

Thermistoren. Messung über eine aktive Gleichspannungsmeßbrücke und

Analog - Digital - Umsetzer.



°C



FÜHLER



### Meßfühler

Die Sonde zur Messung der Rektaltemperatur mit dem Thermistor in der Spitze wurde leicht gefettet bis in eine Tiefe von 5 - 7 cm eingeführt. Sie wurde mit einem "Zügel" aus Pflasterstreifen perianal auf der Haut fixiert.

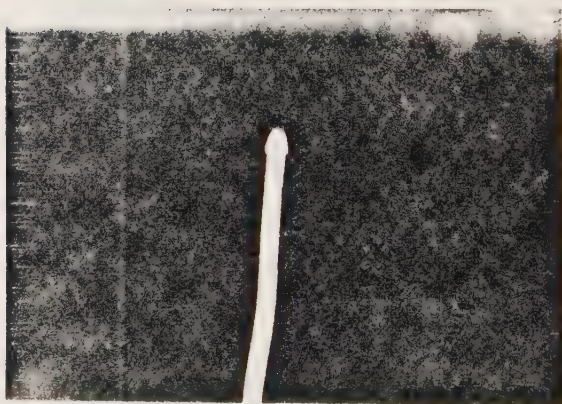


Abb. 10 zeigt die rektale Temperatursonde. Die Dicke der Sonde an ihrer Spitze entspricht etwa Ch 6.

Die Sonde zur Messung der Hauttemperatur wurde in der Mitte der Ventralseite des rechten Oberarms aufgelegt und ebenfalls mit Pflasterstreifen fixiert.



Abb. 11: Die Sonde zur Messung der Hauttemperatur in situ. Sie besitzt, wie auch die Rektalsonde, einen Kunststoffüberzug, um Verbrennungen bei Anwendung des elektrischen Skalpells zu vermeiden.

Eine kontinuierliche Temperaturüberwachung war in allen Räumen der Operationsabteilung möglich durch Verwendung eines 4 m langen Verlängerungskabels (abgeschirmtes Koaxialkabel) für die Temperaturfühler. Die Verwendung dieses Kabels verursachte bei einem

Test keine Änderung der Meßwertanzeige. Darüber hinaus lag eine mündliche Unbedenklichkeitserklärung des technischen Kundendienstes der Herstellerfirma vor.

### Temperaturmeßstationen

In einigen Fällen wurde die erste Messung bereits auf der jeweiligen Pflegestation noch vor Beginn des Transportes zur Operationsabteilung durchgeführt. Im übrigen begann die Untersuchung im Vorraum der Operationsabteilung mit dem Anbringen der Meßfühler und einer ersten Messung. Weitere Messungen erfolgten in 5 - Minuten - Abständen während des Aufenthaltes der Patienten im Vorraum.

Der nächste Meßabschnitt erfolgte in den Vorbereitungsräumen der Zentralanaesthesie während der Vorbereitung der Kinder (z.B. Anlegen eines Venenzuganges, u.U. Intubation, Narkoseeinleitung etc.). Messungen erfolgten fortlaufend in 5 - Minuten - Abständen während des gesamten Aufenthaltes in der Anaesthesie <sup>1)</sup>.

---

1) In einigen Fällen, in denen auf eine Intubation verzichtet wurde, wurde die Anaesthesie nicht, wie sonst üblich, in einem Vorbereitungsraum eingeleitet, sondern der Säugling wurde gleich in den Saal getragen und an Ort und Stelle vorbereitet.

Die nächste Messung erfolgte unmittelbar nach dem Transport des Patienten in den Operationssaal, eine weitere Messung zu Beginn der Desinfektion des Operationsfeldes und eine dritte Messung mit Beginn des praeoperativen Abdeckens.

Vom Beginn der Operation an wurden fortlaufend Messungen in 5 - Minuten - Abständen durchgeführt. Nach Beendigung der Operation verblieb der Patient meist noch für kurze Zeit im Operationssaal, deshalb wurde eine letzte Messung unmittelbar vor dem Transport aus dem Saal vorgenommen.

Falls der anschließende Aufenthalt im Vorraum der Operationsabteilung (Umlagerung ins Bett bzw. ins Wärmebett) länger als 5 Minuten in Anspruch nahm, wurde hier je eine Messung zum Beginn und am Ende des Aufenthaltes durchgeführt.

In allen anderen Fällen fand die nächste Messung am Beginn des Aufenthaltes im Aufwachraum der Operationsabteilung bzw. in der Intensivstation der Kinderklinik statt. Hier erfolgten die Messungen in 10 - Minuten - Abständen, im allgemeinen so lange, bis die Meßwerte in etwa wieder den Normalbereich erreicht hatten.

Bei einigen Kindern wurde eine abschließende Messung sofort nach der Rückkehr zur Pflegestation vorgenommen.

Abschließend wurden die Meßsonden entfernt, gereinigt und mit Alkohol 70% desinfiziert.

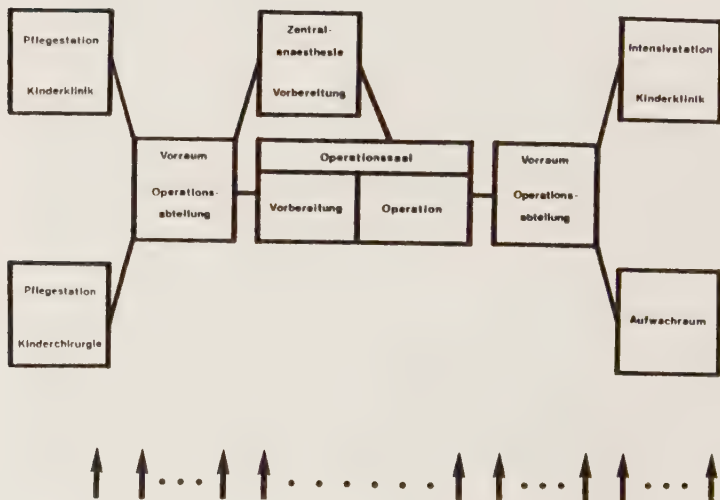


Abb. 12 zeigt die Meßstationen vor, während und nach der Operation, an denen die Körpertemperatur der untersuchten Kinder registriert wurde.

## 2. BESCHREIBUNG DER AUSSEREN UMSTÄNDE, UNTER DENEN EINE OPERATION DURCHGEFÜHRT WURDE.

---

### Warmhaltemaßnahmen

Über die Hälfte der untersuchten Kinder ( $n = 62$ ) wurde während der Operation auf einer elektrisch beheizten Wärmematte gelagert. Die Temperatur der Matte wurde konstant auf  $35,0 \pm 0,1$  °C eingestellt.

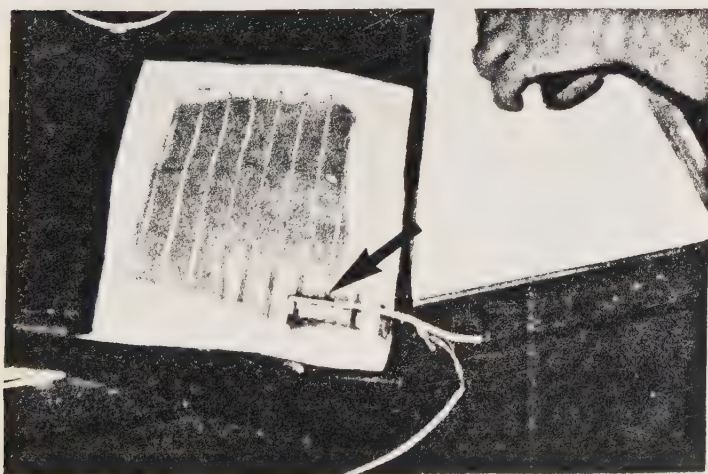


Abb. 13: Wärmematte der Fa. Maquet, Rastatt (Ausschnitt). Leistung: 100 Watt. Steuerung über Feedback-System durch in das Schaumstoffgewebe der Matte integrierten Thermofühler (Pfeil).



Es wurden überhaupt nur deshalb Säuglinge ohne Heizmatte operiert, weil die Matte während des Untersuchungszeitraumes zweimal (21.12.76-2.2.77 und 1.4.77 - 10.5.77) wegen eines Defektes zur Herstellerfirma eingeschickt werden mußte.

Knapp die Hälfte ( $n = 47$ ) der Kinder wurde vor der Operation unter Freihaltung des Operationsfeldes in Watte eingepackt.

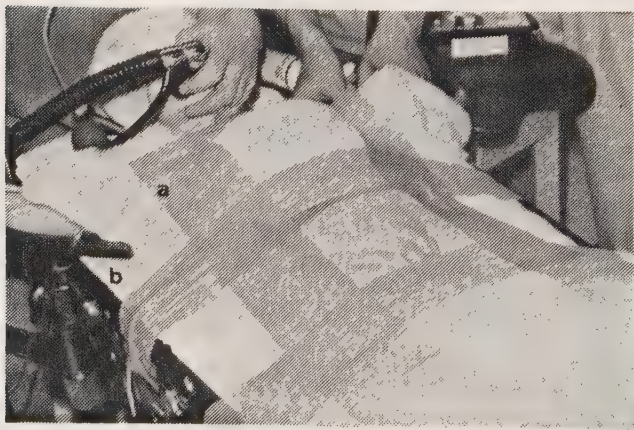


Abb. 14: Wärmeschutzmaßnahmen für Operationen an Kindern. Die Wattepackung (a) ergänzt die Wirkung der Heizmatte (b).

Die Patientengruppe, die auf einer Heizmatte gelagert wurde, überschneidet sich mit der Gruppe, die mit Watte eingepackt wurde, so daß sich in Bezug auf die Wärmeschutzmaßnahmen das Gesamtkollektiv in folgende vier Untergruppen einteilen läßt:

- (a) Ohne Heizmatte und ohne Wattepackung (n = 18)
- (b) Ohne Heizmatte, aber mit Wattepackung (n = 19)
- (c) Mit Heizmatte, aber ohne Wattepackung (n = 35)
- (d) Mit Heizmatte und mit Wattepackung (n = 28)

#### Narkosemittel und Narkoseverfahren

Die Beatmung erfolgte assistiert oder kontrolliert über eine Säuglingsmaske oder einen Endotrachealtubus mit Kuhn'schem System (Draeger). Zur maschinellen Beatmung diente gegebenenfalls ein Engström-Narkoserespirator mit Säuglingsvorsatz. Als Inhalationsnarkotikum wurde Halothan<sup>R</sup> in einer Dosierung zwischen 0,5 und 1,5 Vol% oder Ethrane<sup>R</sup> in einer Dosierung zwischen 0,5 und 3,0 Vol% je nach klinischer Situation gegeben. Als Trägergas diente ein Gemisch aus O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>O in variablem Verhältnis bei einem Flow von 4 - 6 l/min im Kuhn'schen System. Zur Prämedikation wurde Atropin in einer Dosierung von 0,02 mg/kg gegeben. Zusätzlich kam praeoperativ in n = 51 Fällen eine Einzeldosis von 2 - 5 mg/kg Ketanest<sup>R</sup> i.m. zur Anwendung. Als Muskelrelaxans

diente im Bedarfsfall Lystenon<sup>R</sup> in der Einzeldosis von 0,5 - 1 mg/kg. In n = 6 Fällen wurde eine Neurolept - Anaesthesie angewandt.

Hinsichtlich der verwendeten Narkoseverfahren und Narkosemittel wird das gesamte Patientenkollektiv in folgende fünf Untergruppen eingeteilt:

- (a) Anwendung von Ketanest und Lystenon (n = 35)
- (b) Anwendung von Ketanest, kein Lystenon (n = 17)
- (c) Anwendung von Lystenon, kein Ketanest (n = 24)
- (d) Anwendung von Inhalationsnarkotika allein  
(n = 18)
- (e) Anwendung der Neuroleptanalgesie (n = 6)

Die Auswirkung der verschiedenen Narkoseverfahren auf das Verhalten der Körpertemperatur wird unten detailliert untersucht.

Infundiert wurde generell die Infusionslösung Tutopäd<sup>R</sup> (Pfrimmer). Routinemäßige Infusionen wurden mit Raumtemperatur gegeben. Für Bluttransfusionen wurden stets vorgewärmte Konserven verwendet.

Als Heizgeräte standen zur Verfügung:

- das "Haemotherm" von Bosch
- ein Mikrowellengerät der Fa. BBC

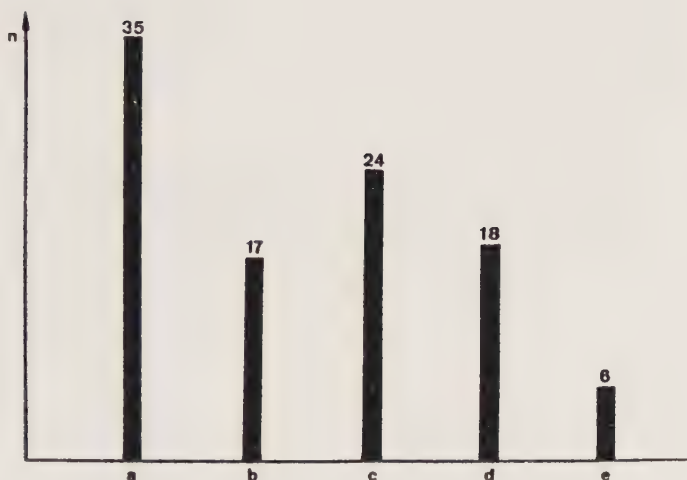


Abb. 15 zeigt die zahlenmäßige Verteilung der einzelnen Untergruppen, die nach der Art der Narkose gebildet wurden.

#### Desinfektionsverfahren

Zur praeeoperativen Hautdesinfektion im Bereich des Operationsfeldes diente folgende Kombination:

1. Aether 1 x
2. Alkohol 70% 1 - 2 x <sup>1)</sup>
3. Kodan <sup>R</sup> 1 - 2 x

---

1) konnte gelegentlich weggelassen werden.

### Klimaanlage

Während des Untersuchungszeitraumes wurden im Operationssaal bei laufender Klimaanlage folgende Werte für relative Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur gemessen:

| Datum   | Uhrzeit           | rel. H <sub>2</sub> O% | °C |
|---------|-------------------|------------------------|----|
| 4.4.77  | 11 <sup>00</sup>  | 57                     | 23 |
| 5.4.77  | 8 <sup>15</sup>   | 54                     | 22 |
| 3.5.77  | 8 <sup>44</sup>   | 63                     | 19 |
| 9.5.77  | 9 <sup>00</sup>   | 60                     | 20 |
| 11.5.77 | 8 <sup>30</sup> . | 64                     | 20 |

Die Klimaanlage der Operationsabteilung stammt von der Fa. Jackson Lufttechnik, Erlangen.

Sie arbeitet mit einer Zuluft von 1600 m<sup>3</sup>/h und einer Abluft von 900 m<sup>3</sup>/h. Temperatur und Feuchtigkeit der Zuluft sind mit einer Latenzzeit von ca. einer Stunde regelbar.

### 3. DATENERFASSUNGS- UND AUSWERTUNGSVERFAHREN

#### Erhebungsbogen

Der Erhebungsbogen für die EDV - gerechte Datenaufnahme wurde nach Beratung im Institut für medizinische Statistik und Dokumentation gemäß der Vorlage des ursprünglichen klinischen Erhebungsbogens entworfen.

(a)

|                      |          |                          |             |                                   |                 |
|----------------------|----------|--------------------------|-------------|-----------------------------------|-----------------|
| Name                 |          | geb. am                  |             | Gewicht                           |                 |
| Hautfarbe/Blutgruppe |          |                          | Nummer      |                                   | Datum           |
| Krankheit            |          |                          |             |                                   |                 |
| Operation            |          |                          |             |                                   |                 |
| Nächtern             |          |                          | Bemerkungen |                                   |                 |
| Station              | Transfer | Vorrauch<br>Op - Bereich | Transfer    | Vorbereitung<br>Zentralanästhesie | im 1. Teil      |
| t <sub>ph</sub>      |          |                          |             |                                   |                 |
| t <sub>rel</sub>     |          |                          |             |                                   |                 |
| Δ t                  |          |                          |             |                                   |                 |
| t <sub>haut</sub>    |          |                          |             |                                   |                 |
| t <sub>rest</sub>    |          |                          |             |                                   |                 |
| Operation            |          |                          | Nummer      |                                   |                 |
| t <sub>ph</sub>      |          |                          |             |                                   |                 |
| t <sub>rel</sub>     |          |                          |             |                                   |                 |
| t <sub>haut</sub>    |          |                          |             |                                   |                 |
| t <sub>rest</sub>    |          |                          |             |                                   |                 |
| t <sub>haut</sub>    |          |                          |             |                                   |                 |
| t <sub>rest</sub>    |          |                          |             |                                   |                 |
| Op. Teil             | Transfer | Vorrauch<br>Op - Bereich | Transfer    | Aufwachraum                       | Intensivstation |
| t <sub>ph</sub>      |          |                          |             |                                   |                 |
| t <sub>rel</sub>     |          |                          |             |                                   |                 |
| Δ t                  |          |                          |             |                                   |                 |
| t <sub>haut</sub>    |          |                          |             |                                   |                 |
| t <sub>rest</sub>    |          |                          |             |                                   |                 |



## Datenspeicherung und Auswertungsprogramme

Die gesammelten Daten wurden von mir mit IBM-Locher auf Lochkarten übertragen. Eine Kontrolle erfolgte durch Erstellen einer Datenliste und anschließendes Vergleichen mit den Originaldatenblättern.

Aus der Programmbibliothek des Instituts für medizinische Statistik und Dokumentation wurden folgende Programme zur Datenverarbeitung benutzt:

P 020 Mittelwerte, Standardabweichungen

P 022 Graphische Darstellungen

POLYP / ZPOLY (Prestele) Plotterzeichnungen

Die Verarbeitung erfolgte im Regionalen Rechenzentrum Erlangen (RRZE) auf TR 440.





## C    BESCHREIBUNG UND AUSWERTUNG      DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

---

### 1.    BESCHREIBUNG DES KOLLEKTIVS

Untersucht wurden insgesamt 100 Neugeborene und Säuglinge im Alter von einem Tag bis zu 15 Monaten, die in der Zeit vom 1.12.76 bis 11.5.77 in der Chirurgischen Universitätsklinik einer Operation unterzogen werden mußten.

Erfaßt wurden allgemeinchirurgische Kinder (Bauch und Thorax) sowie neurochirurgische, urologische und HNO - ärztliche Eingriffe.

Nicht erfaßt wurden diagnostische Eingriffe, wie z.B. Herzkatheteruntersuchungen oder röntgenologische Gefäßdarstellungen.

Notfalleingriffe, die außerhalb des planmäßigen Operationsprogramms, z.B. nachts, stattfanden, konnten aus Organisationsgründen ebenfalls nicht erfaßt werden. Näheres bezüglich Art und Dauer der Operationen siehe Abb. 17 und 18.

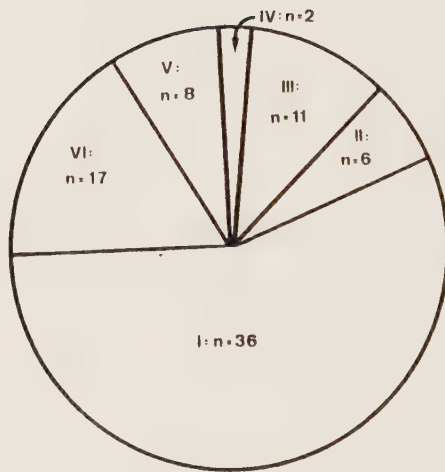


Abb. 17: Zahlenmäßige Verteilung der einzelnen Operationsarten, die an unserem Patientengut durchgeführt worden sind. Hierbei bedeutet:

- I: Operationen im Inguinalbereich
- II: Kleinere Laparotomien unter 30 min. Dauer
- III: Laparotomien von 30 min. Dauer und länger
- IV: Thorakotomien
- V: Excisionen
- VI: Sonstige (vorwiegend neurochirurgische) Eingriffe.

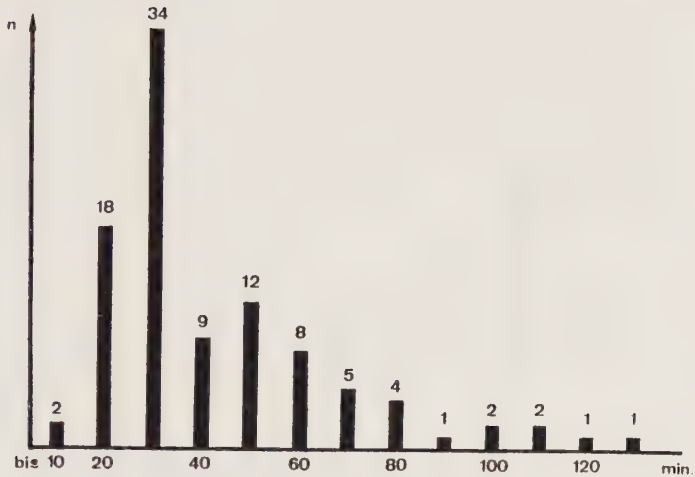


Abb. 18: Dauer der an unserem Patientengut durchgeführten Operationen in Minuten.

Analyse unseres Patientengutes nach Geschlecht,  
Alter und Körpergewicht.

Geschlechtsverteilung:

Männlich: n = 63

Weiblich: n = 37

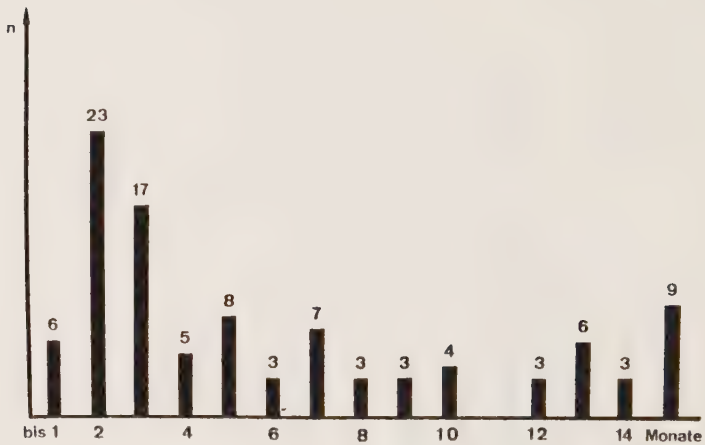


Abb. 19: Altersverteilung der untersuchten Säuglinge. Durchschnittsalter des Kollektivs: 6,12 Monate.

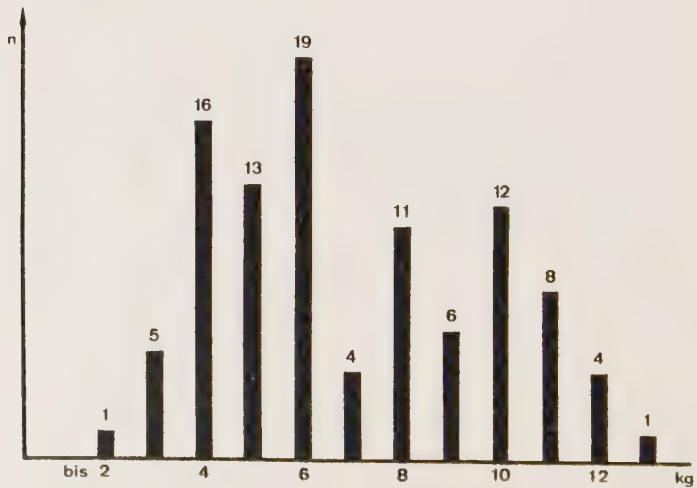


Abb. 20: Verteilung des Körpergewichts bei unserem Patientengut.

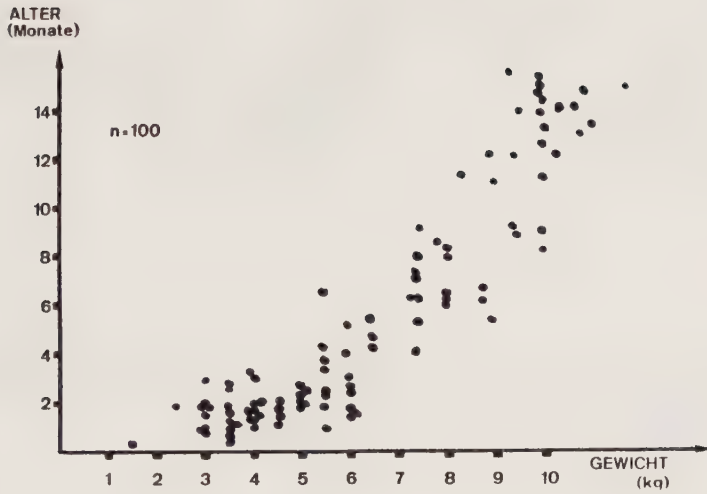
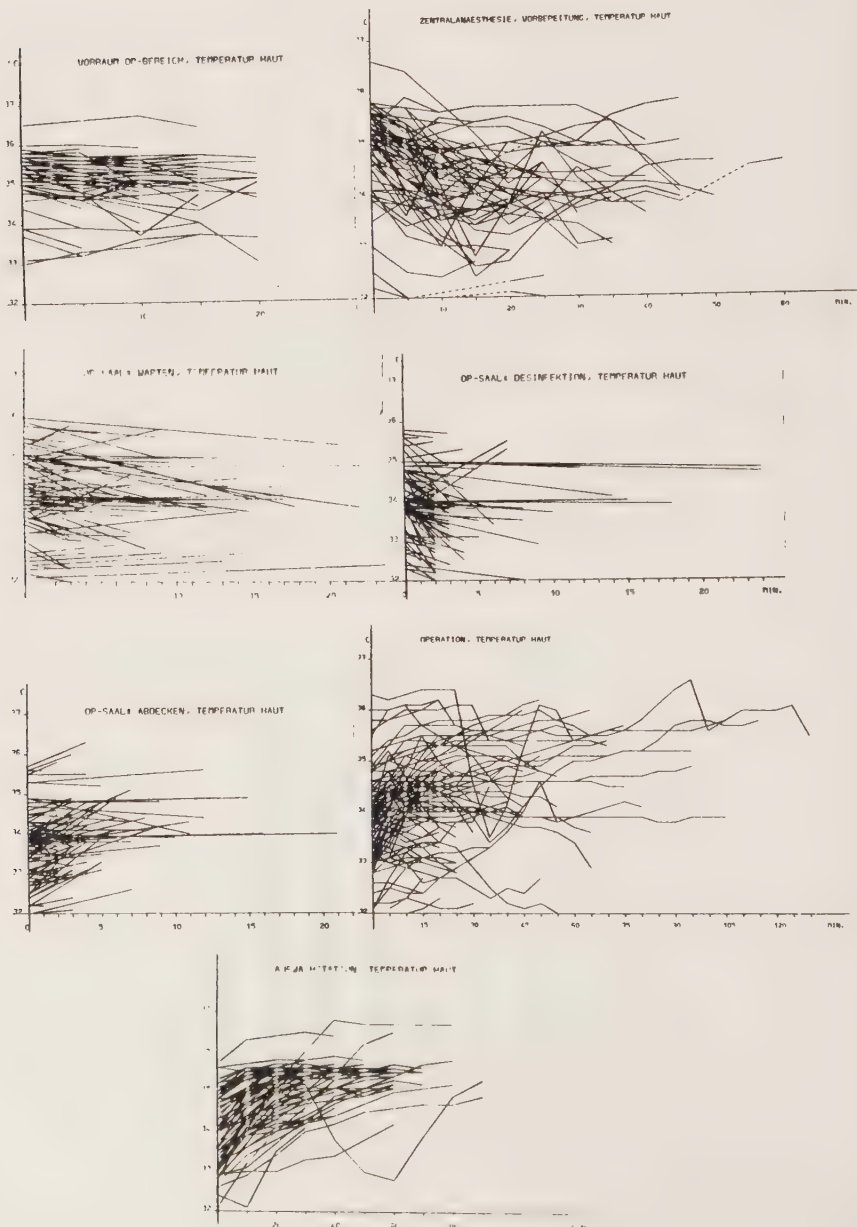


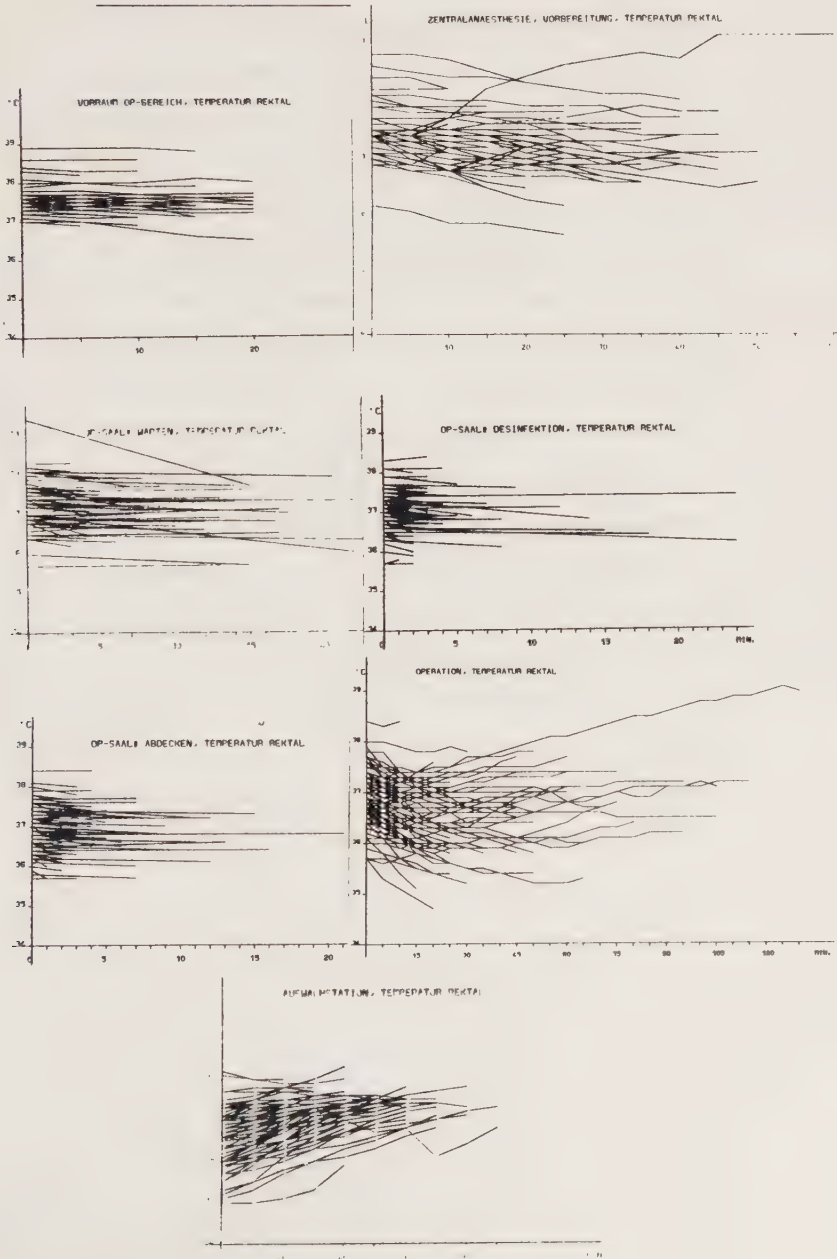
Abb. 21: Somatogramm.  
Zusammenhang zwischen Alter und Körper-  
gewicht bei unseren Patienten.

## 2. TEMPERATURVERLAUFKURVEN DES GESAMTKOLLEKTIVS,

### Hauttemperaturen.



# Temperaturverlaufskurven des Gesamtkollektivs, Rektaltemperaturen.





Aus den gezeigten Temperaturverläufen ist zu entnehmen, daß sich die Hauttemperaturen zwischen 36,5 bis unter 32 °C und die Rektaltemperaturen zwischen 39 und 34,7 °C bewegen; weiter, daß im Vorraum der Operationsabteilung noch kein nennenswerter Abfall von Haut- und Rektaltemperatur stattfindet und daß der tiefste Punkt der Rektaltemperatur etwa 15 - 20 Minuten nach Operationsbeginn liegt und bei der Mehrzahl der Fälle ein wesentlicher Temperaturabfall nach diesem Zeitpunkt nicht mehr stattfindet. Für das Wiederaufwärmen benötigen die besonders stark unterkühlten Säuglinge jeweils deutlich über eine Stunde. Die Hauttemperaturen zeigen eine starke Variabilität in der Anaesthesie, begründet durch das Auskleiden und Wiederabdecken des Säuglings. Ein extremer Abfall der Hauttemperatur wird während der Desinfektion bis zum Beginn der Operation beobachtet. Von da an steigen die Hauttemperaturen allgemein wieder an.

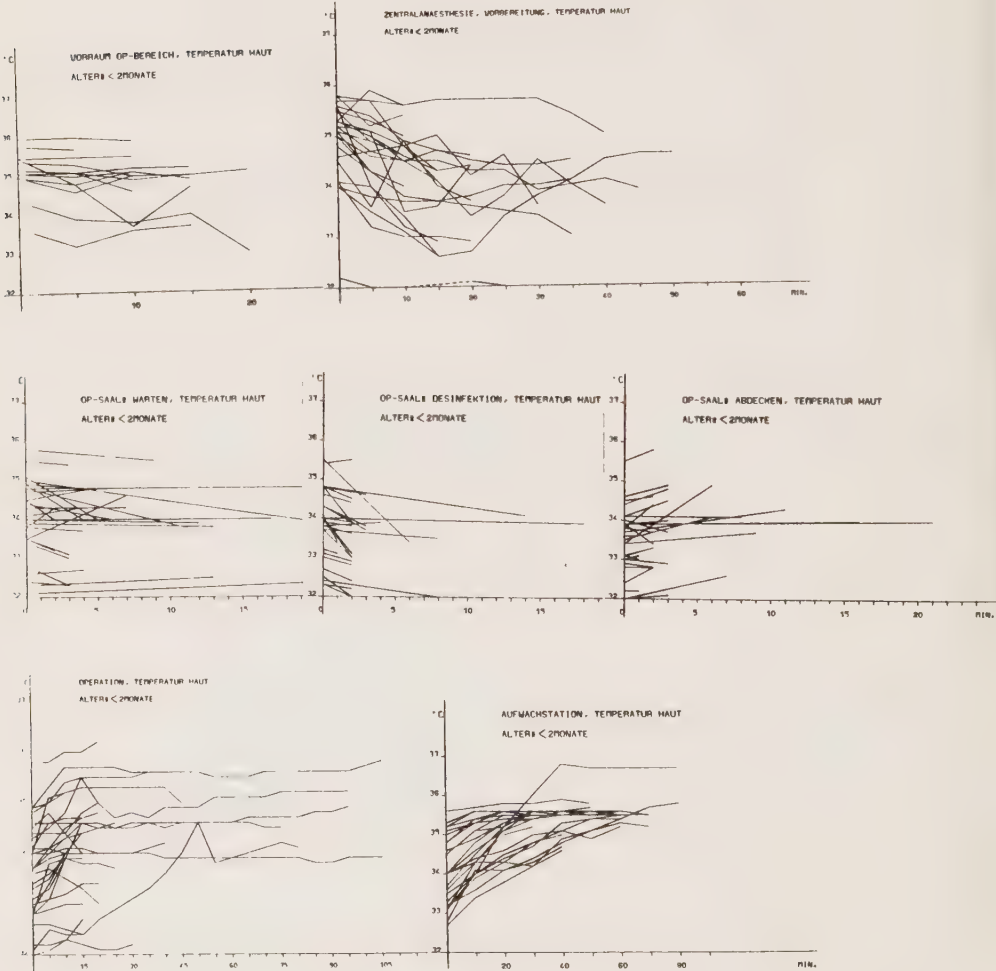
### 3. TEMPERATURVERLAUFSKURVEN ANALYSIERT NACH DEM ALTER

---

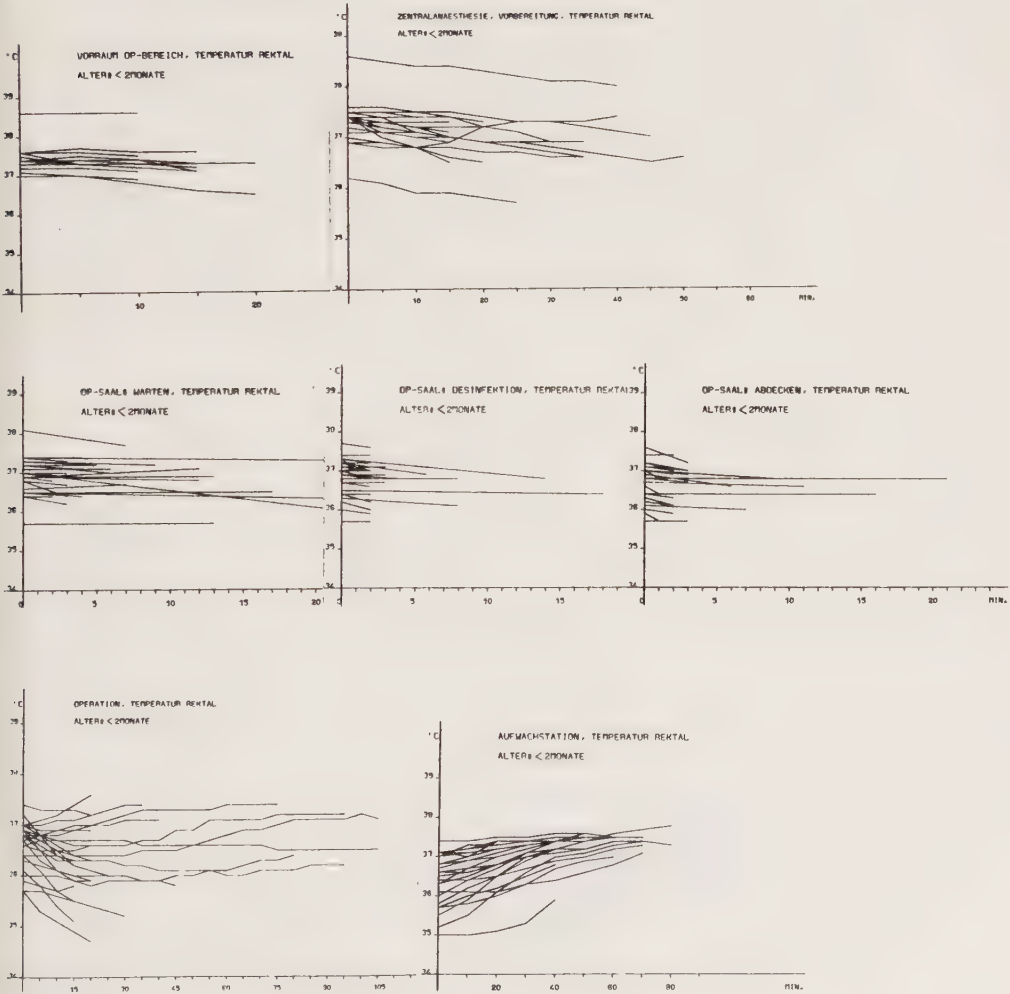
Um den Einfluß des Alters auf den Grad der  
Gefährdung durch Hypothermie zu quantifizieren,  
wurde das Kollektiv in drei Altersgruppen  
geschichtet:

- Alter unter zwei Monaten
- Alter zwei bis unter fünf Monate
- Alter fünf bis unter fünfzehn Monate

# Altersgruppe unter zwei Monaten, Hauttemperaturen

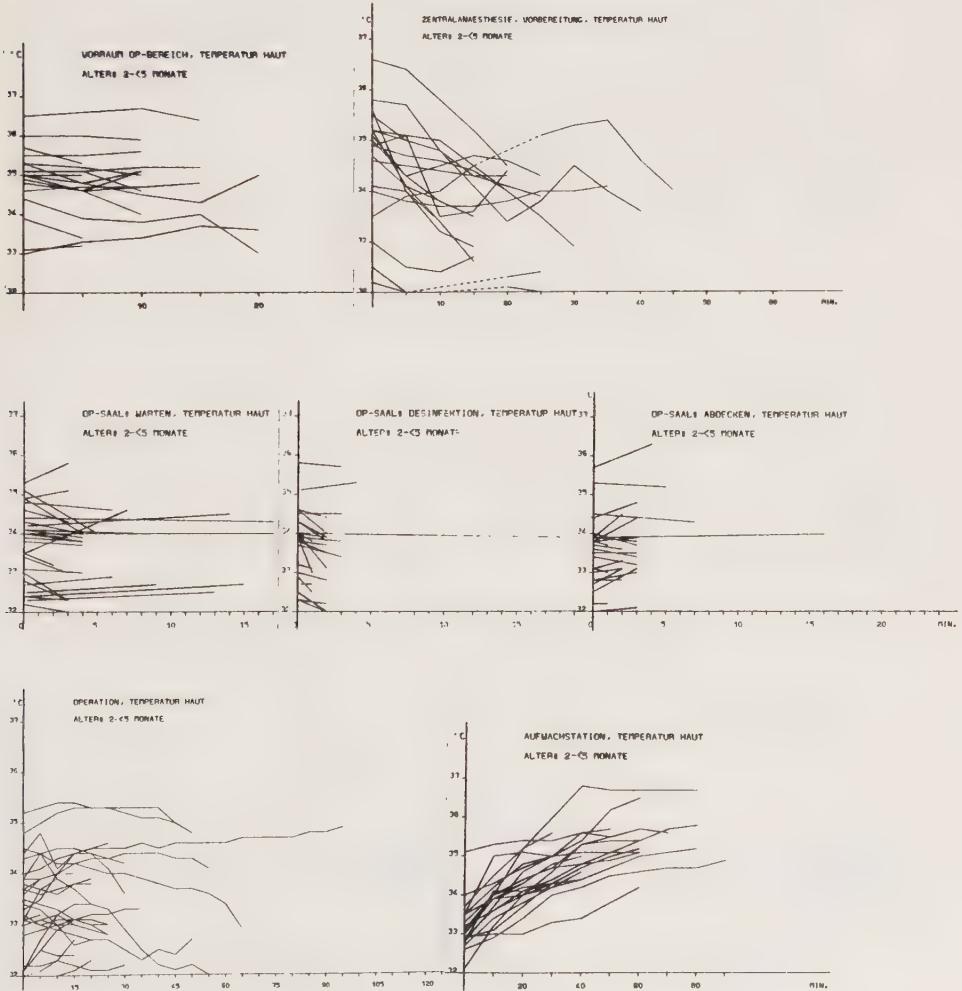


## Altersgruppe unter zwei Monaten, Rektaltemperaturen

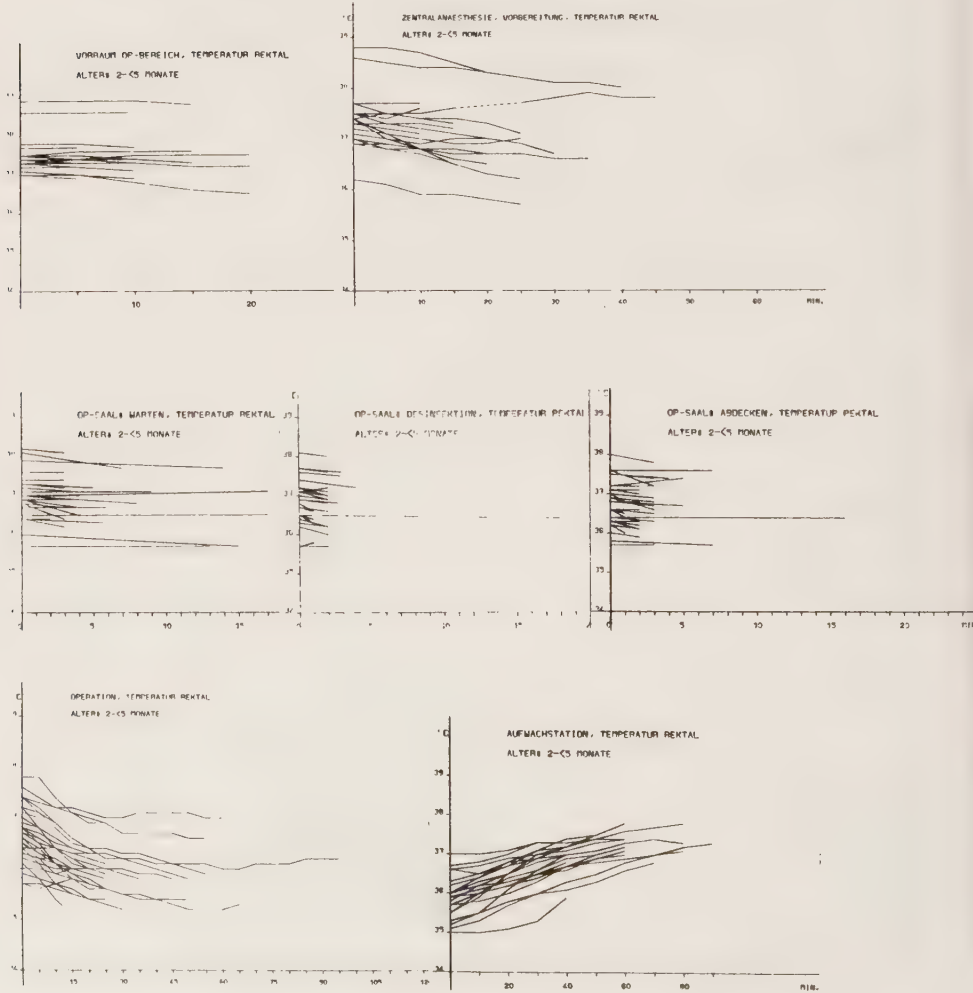


Es zeigt sich, daß die Gruppe der unter zwei Monate alten Säuglinge besonders anfällig für Wärmeverluste ist. Die Rektaltemperaturen zum Zeitpunkt 15 min. nach Operationsbeginn betrugen im Mittel  $\bar{T} = 36,28^{\circ}\text{C}$  (Standardabweichung:  $s^2 = 0,64$ ) gegenüber einer mittleren Rektaltemperatur am Beginn des Aufenthaltes im Vorraum der Operationsabteilung von  $\bar{T} = 37,45^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,32$ ). Dies entspricht einem mittleren Wärmeverlust von  $1,2^{\circ}\text{C}$ . Das stärkste Gefälle der Rektaltemperatur fällt dabei zeitlich in den Bereich zwischen Ende der praeoperativen Hautdesinfektion und dem Zeitpunkt 15 min. nach Operationsbeginn. Für die Hauttemperatur gilt das oben gesagte sinngemäß.

Altersgruppe von zwei bis unter fünf Monaten,  
Hauttemperaturen.



Altersgruppe von zwei bis unter fünf Monaten,  
Rektaltemperaturen.



Ebenso wie oben gilt auch hier sinngemäß das über Untergrenze der Rektaltemperatur, Geschwindigkeit des Temperaturabfalls, Aufwärmgeschwindigkeit und das Verhalten der Hauttemperatur gesagte.

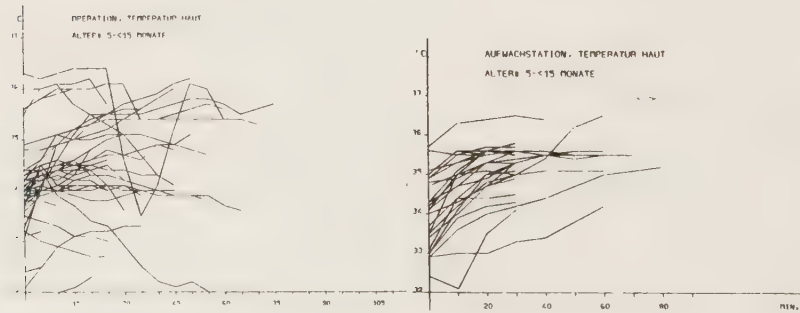
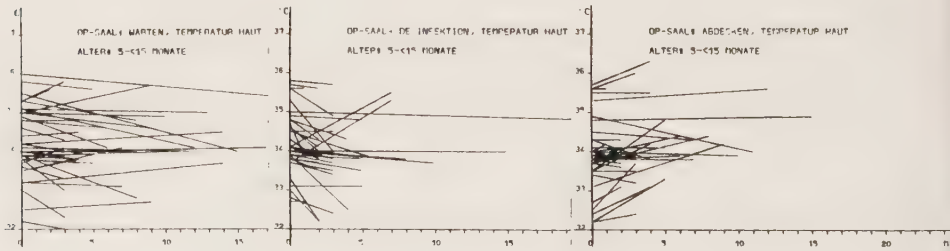
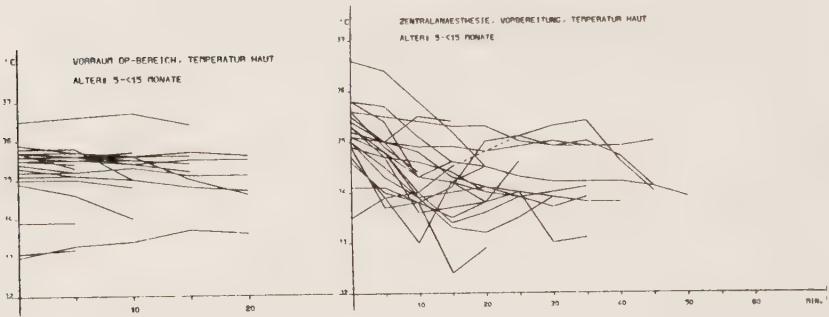
In der Altersgruppe von zwei bis unter fünf Monaten betrugen die Rektaltemperaturen zum Zeitpunkt 15 min. nach Operationsbeginn im Durchschnitt  $\bar{T} = 36,45^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,52$ ) gegenüber einer mittleren Rektaltemperatur zu Beginn des Aufenthaltes im Vorraum der Operationsabteilung von  $\bar{T} = 37,51^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,27$ ). Dies entspricht einem mittleren Wärmeverlust von  $1,1^{\circ}\text{C}$ .

Aus diesen Beobachtungen ist zu folgern, daß der Altersgruppe unter einem halben Jahr weiterhin während der Operation besondere Aufmerksamkeit im Hinblick auf die Körpertemperatur zu schenken ist.

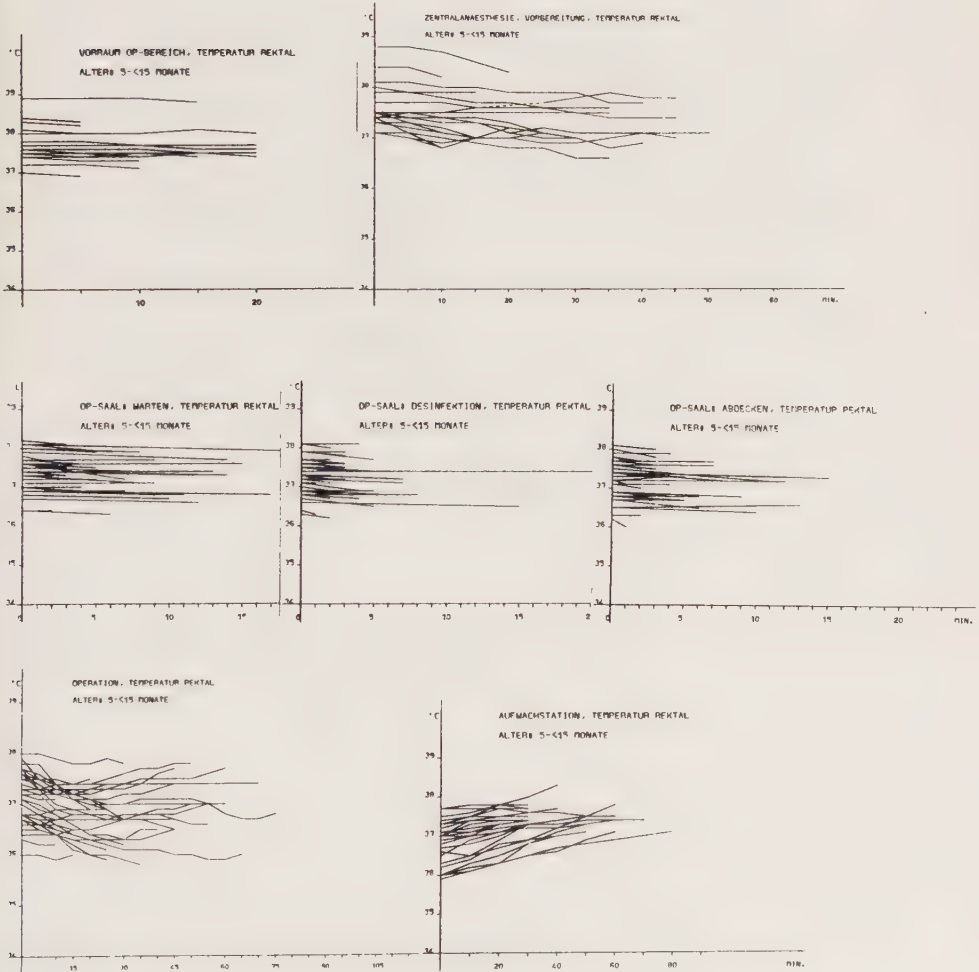
Durch geeignete Maßnahmen (s. unten) kann jedoch eine deutliche Abnahme des Wärmeverlustes selbst in dieser empfindlichen Altersgruppe erreicht werden.



Altersgruppe von fünf bis unter fünfzehn Monate,  
Hauttemperaturen.



Altersgruppe von fünf bis unter fünfzehn Monate,  
Rektaltemperaturen.



Die allgemein für bereits etwas robuster gehaltene Altersgruppe von fünf bis unter fünfzehn Monate zeigt einen weitgehend unauffälligen Temperaturverlauf. Die Rektaltemperaturen sinken bei keinem Patienten aus dieser Gruppe wesentlich unter  $36^{\circ}\text{C}$  ab. Die Rektaltemperaturen zum Zeitpunkt 15 min. nach Operationsbeginn betrugen im Mittel  $\bar{T} = 36,91^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,44$ ) gegenüber einer mittleren Rektaltemperatur am Beginn des Aufenthaltes im Vorraum der Operationsabteilung von  $\bar{T} = 37,65^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,41$ ). Hier betrug der mittlere Wärmeverlust also  $0,7^{\circ}\text{C}$ . Für diese Altersgruppe genügen bereits weniger aufwendige Unterkühlungsschutzvorkehrungen (s. unten).

## Direkter Vergleich der einzelnen Altersgruppen

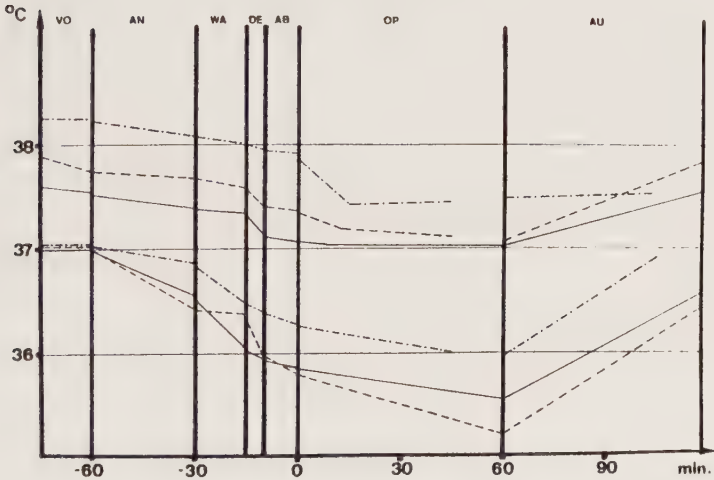


Abb. 22: Oberste und unterste Rektaltemperaturkurve jeder Altersgruppe. Sogenannte "Ausreißer" wurden nicht berücksichtigt.

Es bedeutet:

- Unter zwei Monate
- Zwei bis unter fünf Monate
- - - - Fünf bis unter fünfzehn Monate
- VO Vorraum der Operationsabteilung
- AN Zentralanaesthesie
- WA Warten im Operationssaal
- DE Hautdesinfektion
- AB Praeoperatives Abdecken
- OP Operation
- AU Aufwachraum bzw. Intensivstation

Es zeigt sich, daß es in allen Altersgruppen Kinder gibt, deren Rektaltemperatur annähernd konstant bleibt. In der Gruppe von fünf bis unter fünfzehn Monate fällt selbst die niedrigste Kurve kaum unter  $36^{\circ}\text{C}$  rektal, während in den beiden anderen Altersgruppen der Normalbereich für die Rektaltemperatur weitgehend deutlich nach unten verlassen wird.

#### 4. TEMPERATURVERLAUFSKURVEN ANALYSIERT NACH DEN SCHUTZMASSNAHMEN VOR UNTERKÜHLUNG

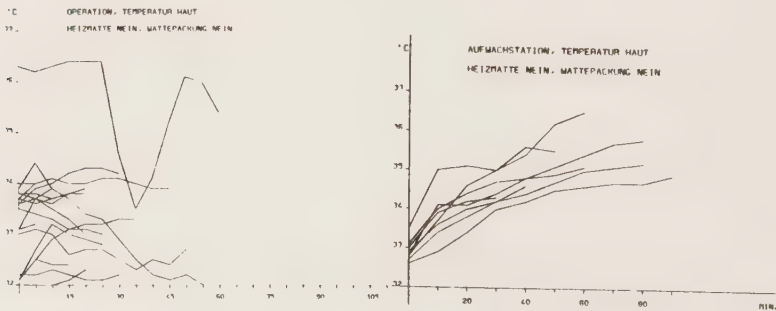
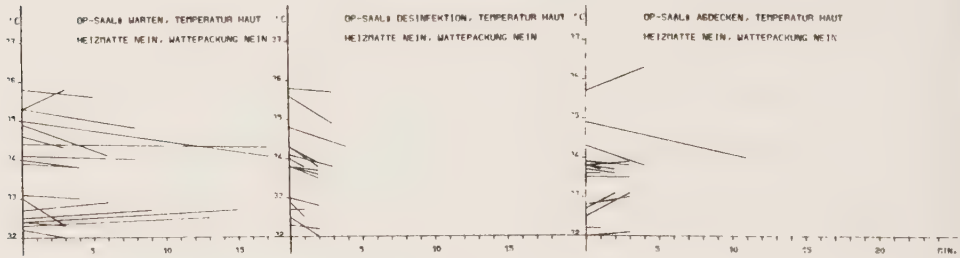
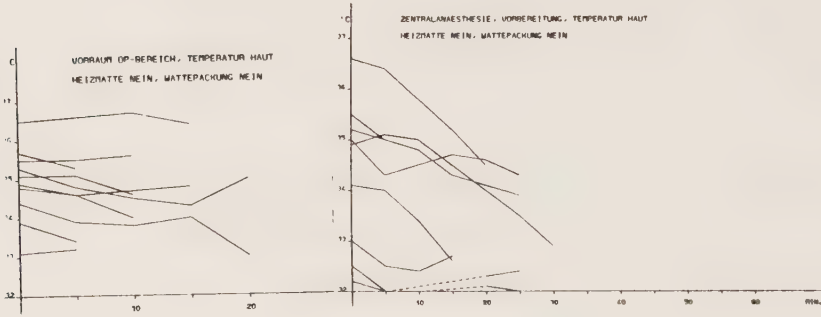
---

Das Patientenkollektiv wurde im weiteren gemäß den oben geschilderten Maßnahmen zum Schutz vor Unterkühlung in vier Gruppen unterteilt:

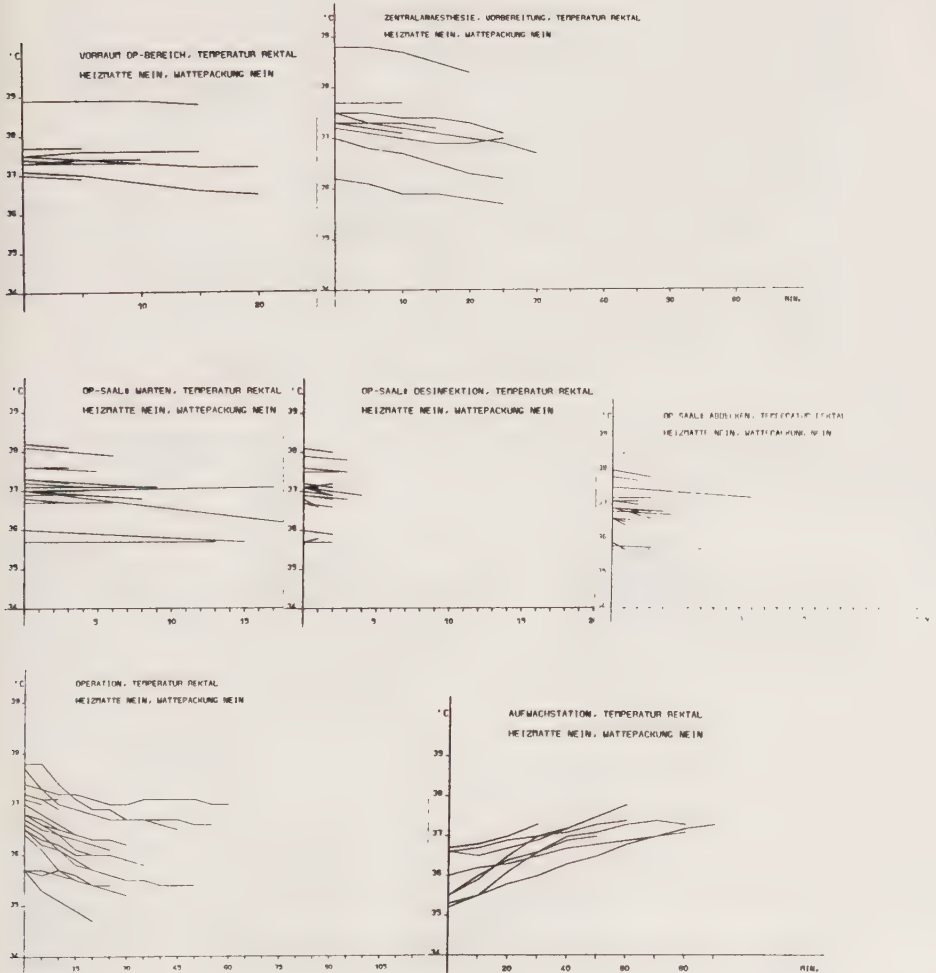
- Operation ohne Heizmatte und ohne Wattepackungen
- Operation mit Wattepackung allein
- Operation mit Heizmatte allein
- Operation mit Heizmatte und mit Wattepackung

Hierdurch sollte die Effektivität der einzelnen Kombinationen geprüft werden.

Gruppe ohne Heizmatte und ohne Wattepackung,  
Hauttemperaturen.



Gruppe ohne Heizmatte und ohne Wattepackung,  
Rektaltemperaturen.



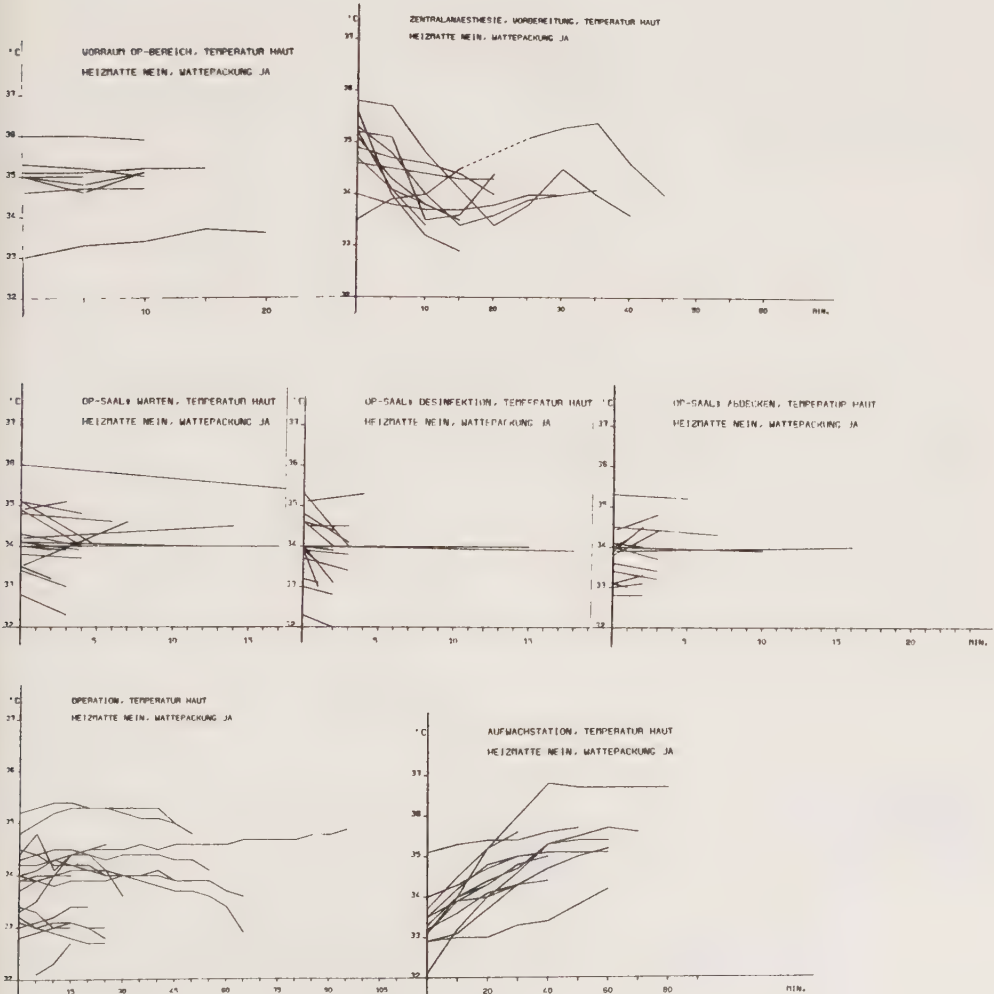


Es fällt in dieser Gruppe besonders auf, daß die Hauttemperaturen während der Vorbereitung in der Zentralanaesthesie massiv abfallen (bei zwei Patienten wurde der Meßbereich des Geräts ( $32^{\circ}\text{C}$ ) unterschritten).

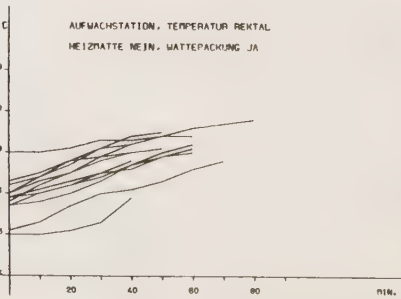
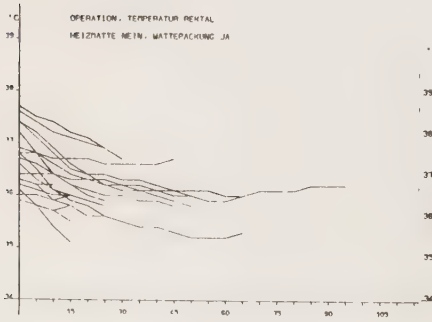
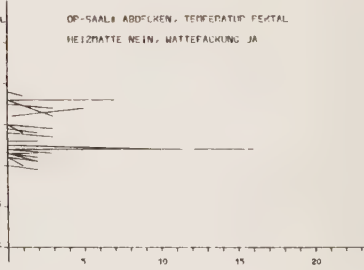
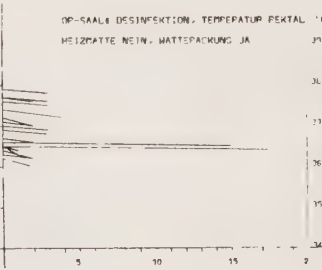
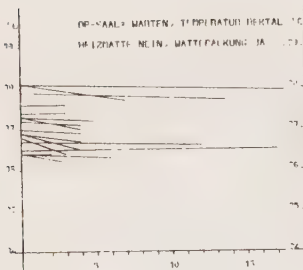
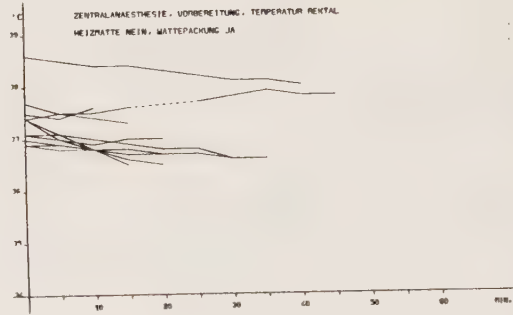
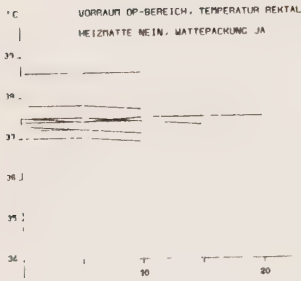
Weiterhin wirkt sich die praeoperative Hautdesinfektion hier besonders gravierend aus: bei keinem Patienten steigt die Hauttemperatur während der Desinfektion an. Die Kurve der Hauttemperatur eines einzelnen Patienten fällt während der Operation steil ab und steigt ebenso steil sofort wieder an. Es dürfte sich hier vermutlich um einen Artefakt durch Verrutschen der Hautsonde handeln.

Die Rektaltemperaturen zum Zeitpunkt 15 min. nach Operationsbeginn betragen im Mittel  $\bar{T} = 36,11^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,66$ ) gegenüber einer mittleren Rektaltemperatur am Beginn des Aufenthaltes im Vorraum von  $\bar{T} = 37,5^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,53$ ). Dies entspricht einem mittleren Wärmeverlust von immerhin  $1,4^{\circ}\text{C}$ . Zu Beginn des Aufenthaltes in der Aufwachstation lag bei keinem Patienten die Rektaltemperatur über  $36,6^{\circ}\text{C}$ . Die durchschnittliche Aufwärmzeit betrug deutlich über eine Stunde.

Gruppe ohne Heizmatte, jedoch mit Wattepackung,  
Hauttemperaturen.

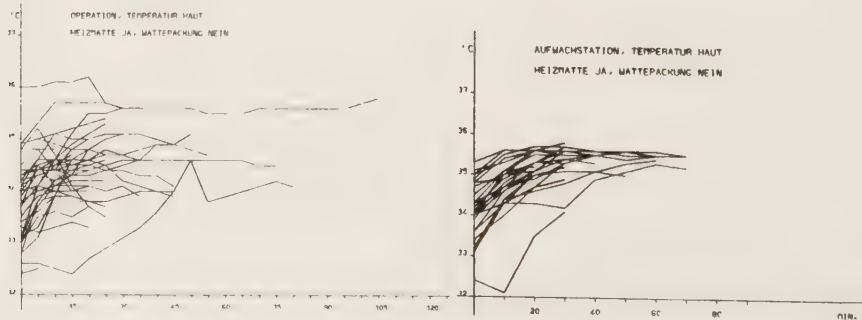
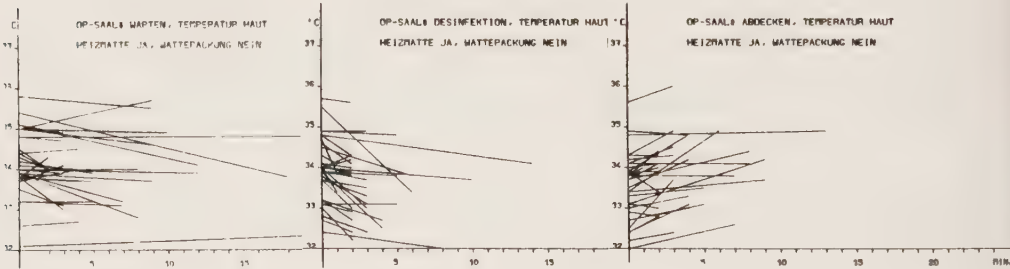
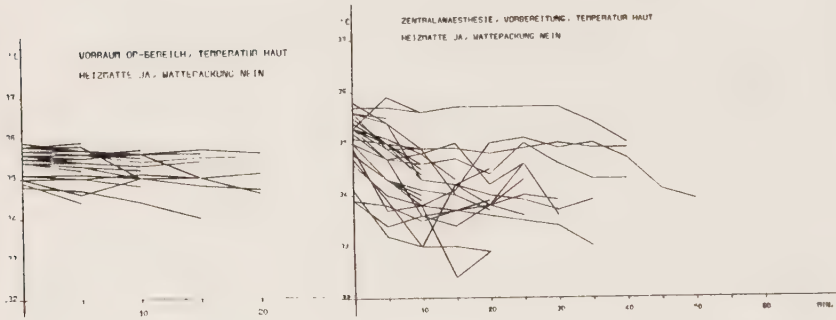


Gruppe ohne Heizmatte, jedoch mit Wattepackung,  
Rektaltemperaturen.

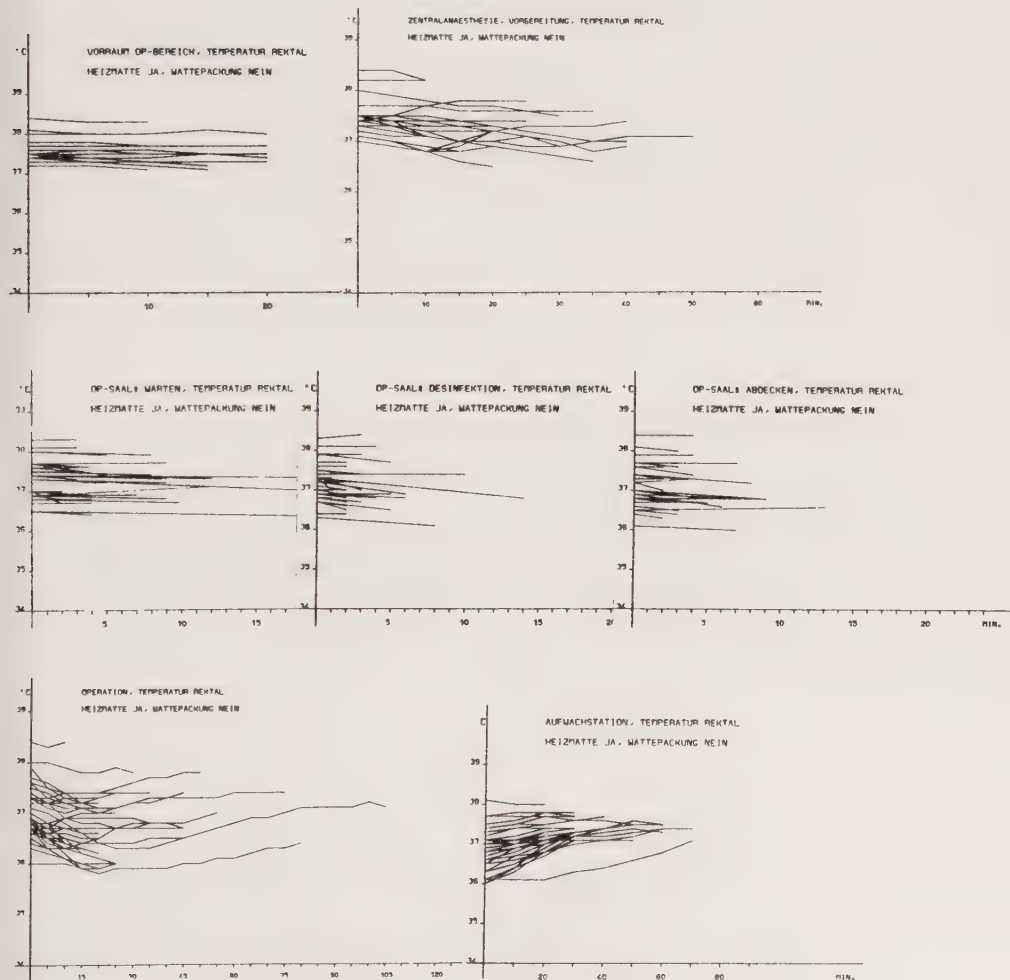


Während der Vorbereitung in der Zentralanaesthesie fällt in dieser Gruppe die Hauttemperatur nie unter  $33^{\circ}\text{C}$  ab. Ein Ansteigen der Kurven wird bereits wieder beim praeoperativen Abdecken erreicht. Die Rektaltemperaturen zum Zeitpunkt 15 min. nach Operationsbeginn betrugen im Mittel  $\bar{T} = 36,2^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,52$ ) gegenüber einer mittleren Rektaltemperatur zu Beginn des Aufenthaltes im Vorraum von  $\bar{T} = 37,51^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,44$ ). Dies entspricht einem mittleren Wärmeverlust in dieser Gruppe von  $1,3^{\circ}\text{C}$ . Die Aufwärmzeit lag kaum über einer Stunde bei Durchschnittstemperaturen rektal zu Beginn des Aufenthaltes in der Aufwachstation von etwa  $36$  ( $35 - 37$ )  $^{\circ}\text{C}$ .

Gruppe mit Heizmatte, jedoch ohne Wattepackung,  
Hauttemperaturen.

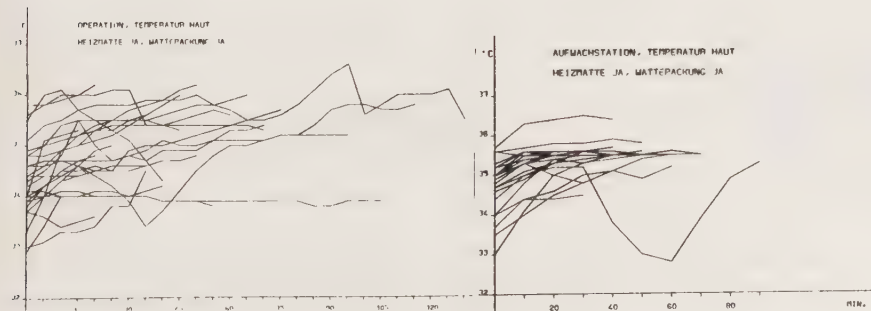
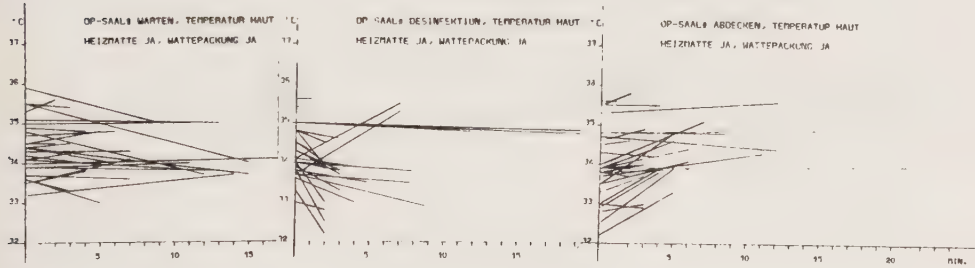
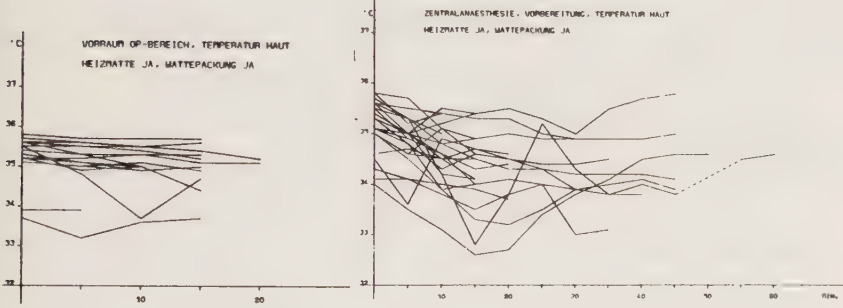


Gruppe mit Heizmatte, jedoch ohne Wattepackung,  
Rektaltemperaturen.



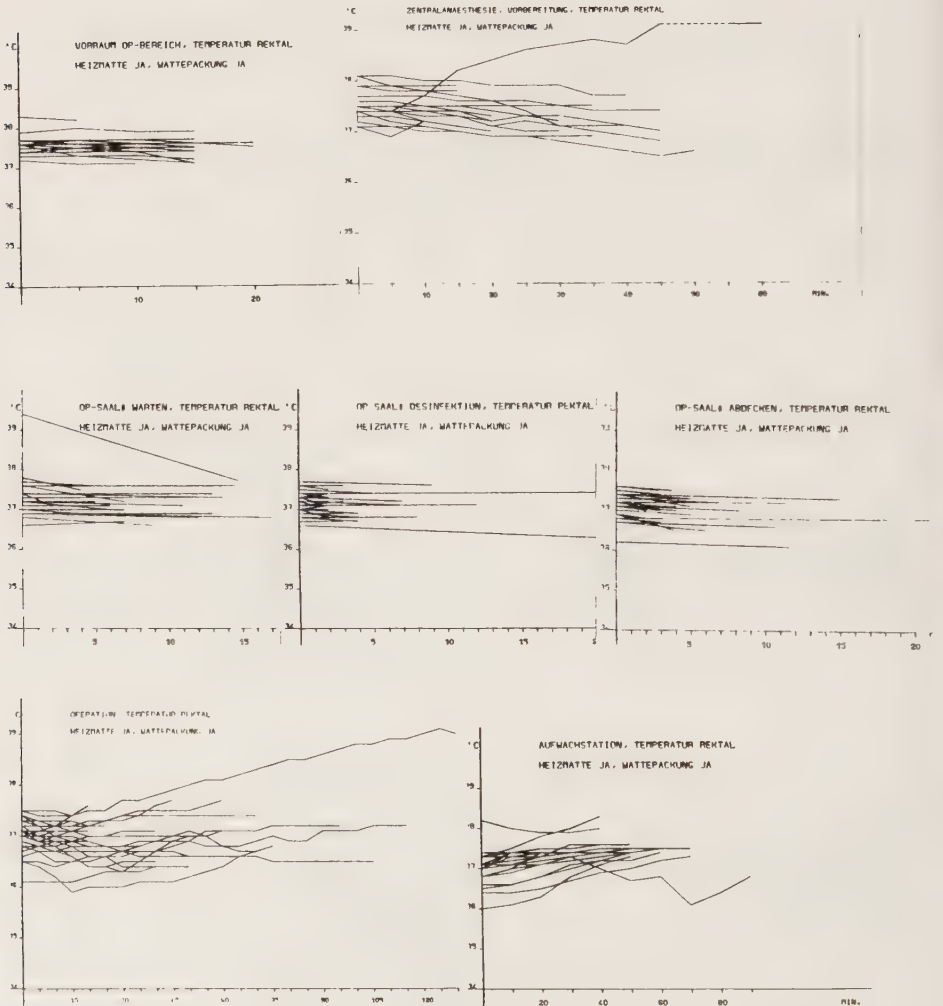
Die Hauttemperaturen steigen in dieser Gruppe nach initialer Depression vereinzelt bereits während der Wartezeit im Operationssaal wieder an. Bei der praeoperativen Hautdesinfektion fallen die Hauttemperaturen teilweise massiv ab, steigen jedoch bereits wieder während des praeoperativen Abdeckens. Die Rektaltemperaturen zum Zeitpunkt 15 min. nach Operationsbeginn betragen im Mittel  $\bar{T} = 36,7^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,52$ ) gegenüber einer mittleren Rektaltemperatur am Beginn des Aufenthaltes im Vorraum von  $\bar{T} = 37,57^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,33$ ). Dies entspricht einem mittleren Wärmeverlust von  $0,87^{\circ}\text{C}$ . Die mittlere Rektaltemperatur am Beginn des Aufenthaltes in der Aufwachstation lag knapp unter  $37^{\circ}\text{C}$ , bei keinem Patienten betrug sie weniger als  $36^{\circ}\text{C}$ . Die Aufwärmzeit betrug im allgemeinen deutlich unter einer Stunde.

Gruppe mit Heizmatte und mit Wattepackung,  
Hauttemperaturen.





Gruppe mit Heizmatte und mit Wattepackung,  
Rektaltemperaturen.



In dieser Gruppe fallen während der Vorbereitung in der Anaesthesie die Rektaltemperaturen kaum unter  $37^{\circ}\text{C}$ , die Hauttemperaturen kaum unter  $33^{\circ}\text{C}$ , sie erholen sich auch von der Desinfektion bereits wieder beim praeoperativen Abdecken. Während der Operation fällt die Hauttemperatur nie unter  $33^{\circ}\text{C}$ , die Rektaltemperatur nie unter  $36^{\circ}\text{C}$  ab.

Die Rektaltemperaturen zum Zeitpunkt 15 min. nach Operationsbeginn betrugen im Mittel  $\bar{T} = 36,92^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,38$ ) gegenüber einer mittleren Rektaltemperatur am Beginn des Aufenthaltes im Vorraum der Operationsabteilung von  $\bar{T} = 37,56^{\circ}\text{C}$  ( $s^2=0,23$ ).

In dieser Gruppe beträgt der mittlere Wärmeverlust also nur  $0,64^{\circ}\text{C}$ . Die durchschnittliche Aufwärmdauer lag deutlich unter einer Stunde.

# Direkter Vergleich der verschiedenen Schutzmaßnahmen

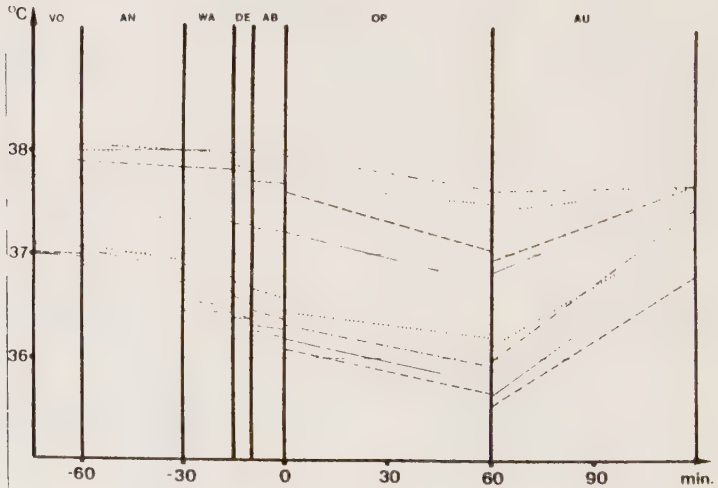


Abb. 23: Oberste und unterste Rektaltemperaturkurve jeder Gruppe mit gleichem Wärmeschutz.

Es bedeutet:

- Ohne Heizmatte und ohne Wattepackung
- Ohne Heizmatte, jedoch mit Wattepackung
- · - · - Mit Heizmatte, jedoch ohne Wattepackung
- · · · · Mit Heizmatte und mit Wattepackungen

|    |                                    |
|----|------------------------------------|
| VO | Vorraum der Operationsabteilung    |
| AN | Zentralanaesthesie                 |
| WA | Warten im Operationssaal           |
| DE | Hautdesinfektion praeoperativ      |
| AB | Praeoperatives Abdecken            |
| OP | Operation                          |
| AU | Aufwachzimmer bzw. Intensivstation |

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß Wattepackungen bei der Hauttemperatur nur kurzzeitig extreme Abfälle, nicht jedoch das Auskühlen insgesamt verhindern können. Durch die Verwendung einer Wärmematte kann der Abfall der Rektaltemperaturen deutlich gebremst werden.

Die Kombination aus beiden Maßnahmen bewirkt einen fast optimalen Schutz vor Unterkühlung. Der Unterschied zwischen den mittleren Rektaltemperaturen zum Zeitpunkt 15 min. nach Operationsbeginn in den Gruppen mit Heizmatte, mit Wattepackung ( $36,92^{\circ}\text{C}$ ) und ohne Heizmatte, ohne Wattepackung ( $36,11^{\circ}\text{C}$ ) beträgt immerhin  $0,8^{\circ}\text{C}$ .

5. TEMPERATURVERLAUFSKURVEN, ANALYSIERT NACH DEM  
ALTER IN VERBINDUNG MIT DEN WÄRMESCHUTZMASSNAHMEN

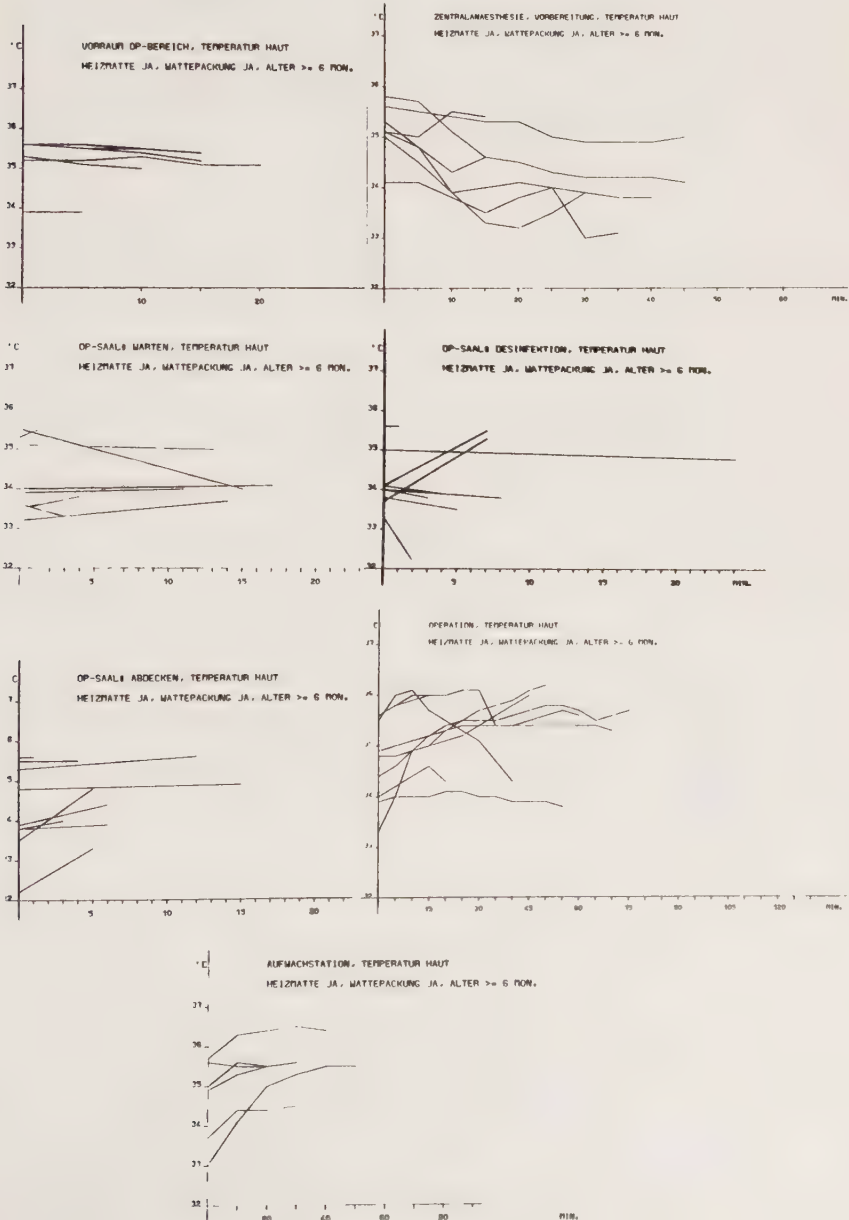
---

Zur Prüfung auf Wirksamkeit der kombinierten Schutzmaßnahmen auch bei der jüngeren Altersgruppe bzw. des Verhaltens der älteren Gruppe ohne Schutz wurde eine zweifache Schichtung vorgenommen:

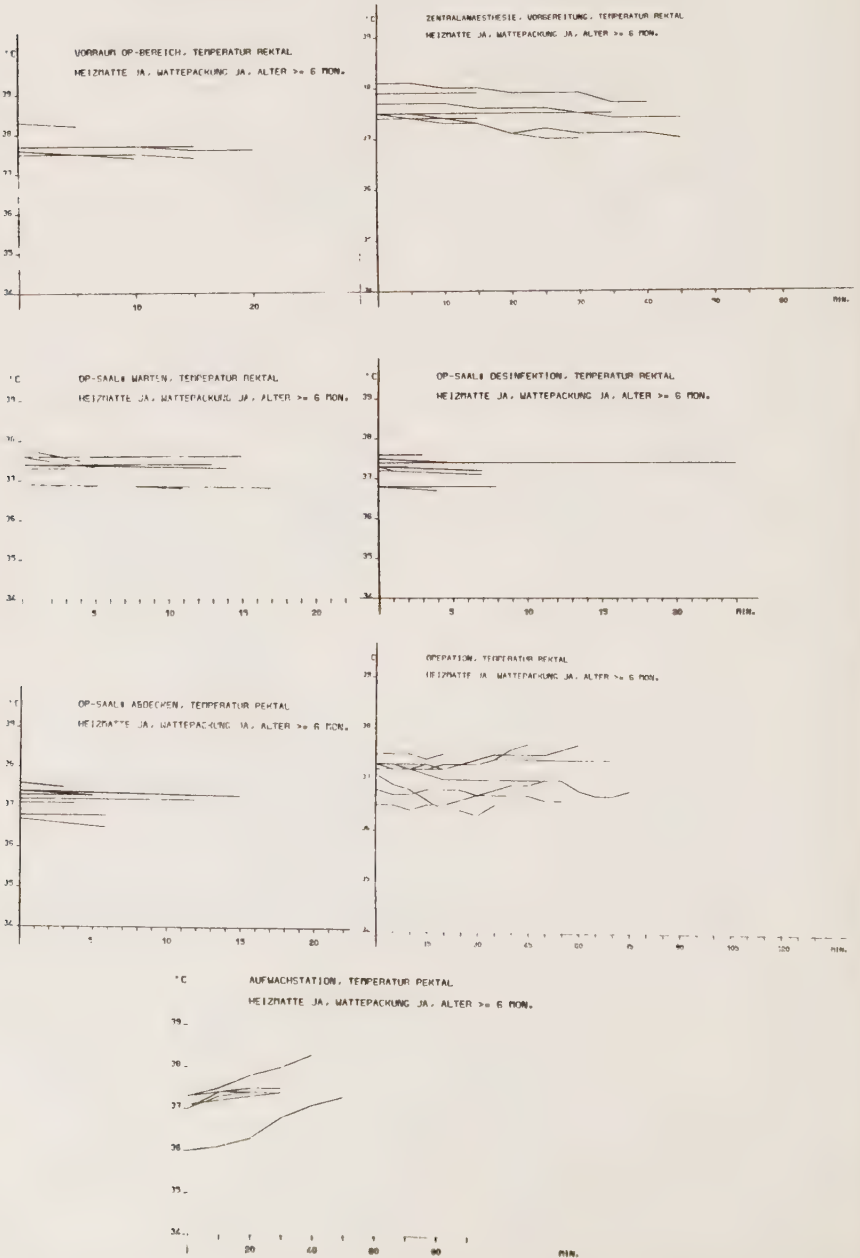
- Heizmatte ja, Wattepackung ja, Alter 6 Monate
- Heizmatte ja, Wattepackung ja, Alter 6 Monate
- Heizmatte nein, Wattepackung nein,  
Alter 6 Monate
- Heizmatte nein, Wattepackung nein,  
Alter 6 Monate

Es soll untersucht werden, inwiefern die Kombination aus Wattepackungen und Heizmatte selbst die jüngeren Säuglinge zu schützen vermag, die ja, wie oben gezeigt, in besonderem Maße unterkühlungsgefährdet sind.

Gruppe mit Heizmatte und mit Wattepackungen -  
sechs Monate und älter, Hauttemperaturen.



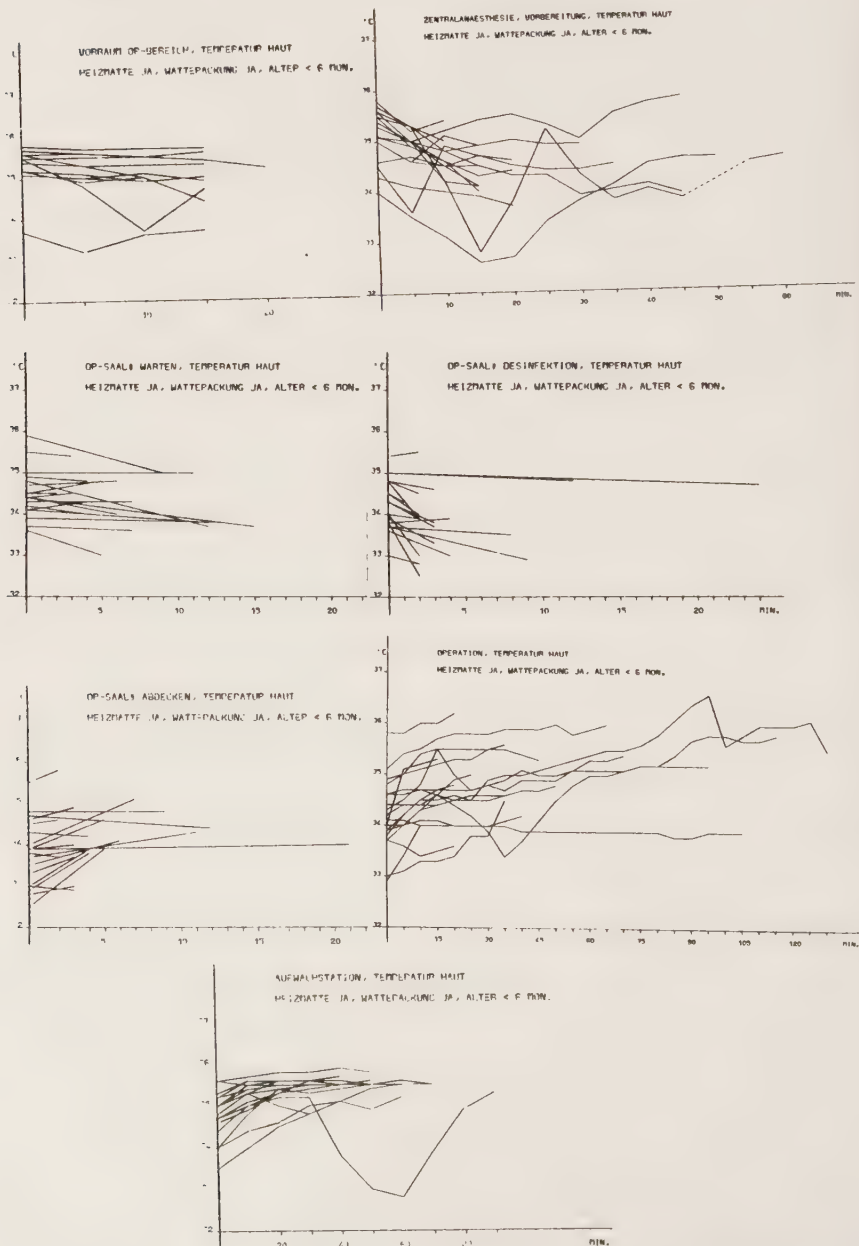
Gruppe mit Heizmatte und mit Wattepackungen -  
sechs Monate und älter, Rektaltemperaturen.



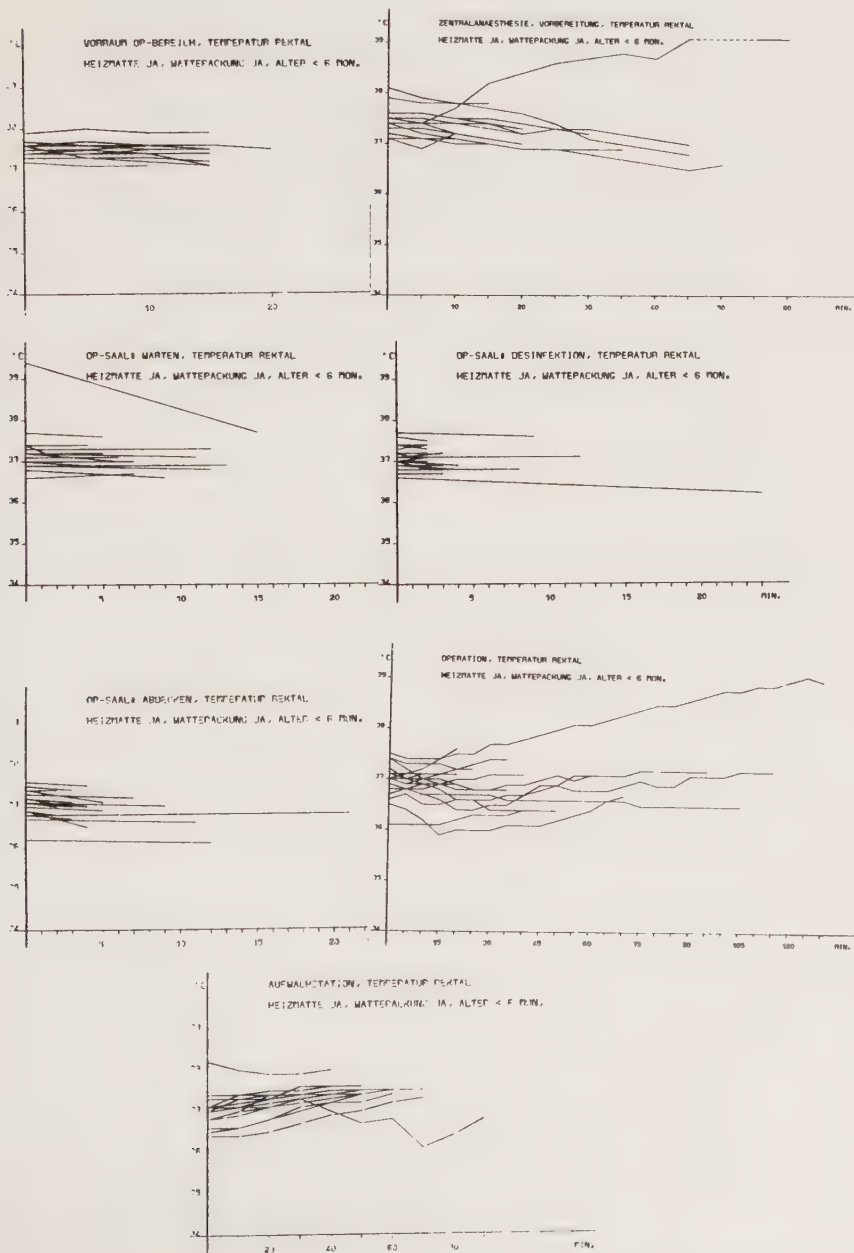
In dieser Gruppe fällt die Hauttemperatur während der Vorbereitung in der Anaesthesie nicht unter  $33^{\circ}\text{C}$ , sie weist hier auch relativ geringe Schwankungen auf. Die Rektaltemperaturen liegen deutlich über  $36^{\circ}\text{C}$ . Während der praeoperativen Hautdesinfektion zeigt sich bei der Hauttemperatur nur in einem Fall ein steiler Abfall, während der Operation erfolgt kein oder nur ein geringer Abfall. Die Rektaltemperaturen bleiben immer über  $36,5^{\circ}\text{C}$ . Die Rektaltemperaturen zum Zeitpunkt 15 min. nach Operationsbeginn betragen im Mittel  $\bar{T} = 37,04^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,33$ ) gegenüber einer mittleren Rektaltemperatur am Beginn des Aufenthaltes im Vorraum der Operationsabteilung von  $\bar{T} = 37,73^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,29$ ). Der mittlere Wärmeverlust dieser Gruppe beträgt nur  $0,7^{\circ}\text{C}$ . Die Aufwärmzeit liegt unter diesen Umständen auch nur bei etwa 40 Minuten im Durchschnitt. Eine Gefahr der Hypothermie bestand sicher in keinem Fall.



# Gruppe mit Heizmatte und mit Wattepackung - Alter unter sechs Monaten, Hauttemperaturen.

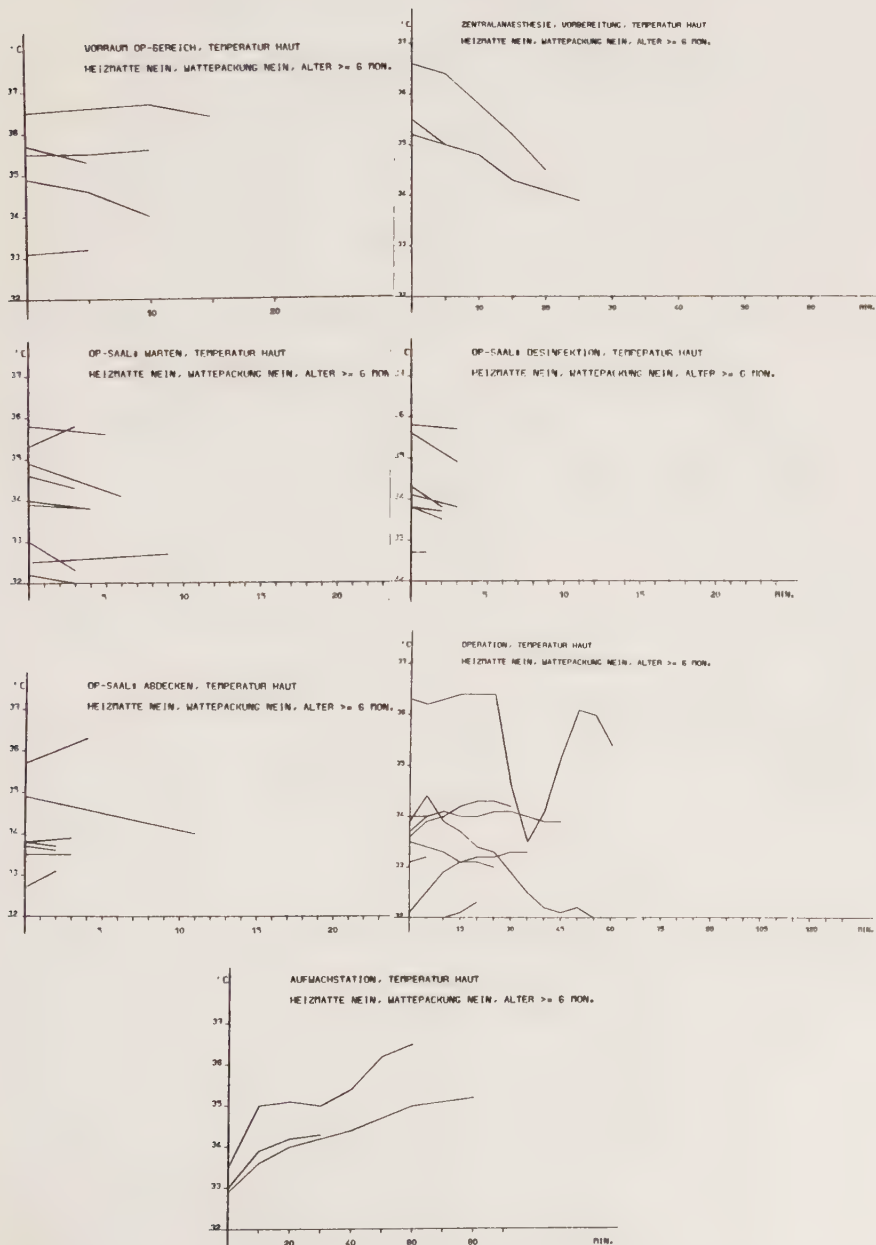


Gruppe mit Heizmatte und mit Wattepackung -  
Alter unter sechs Monaten, Rektaltemperaturen.

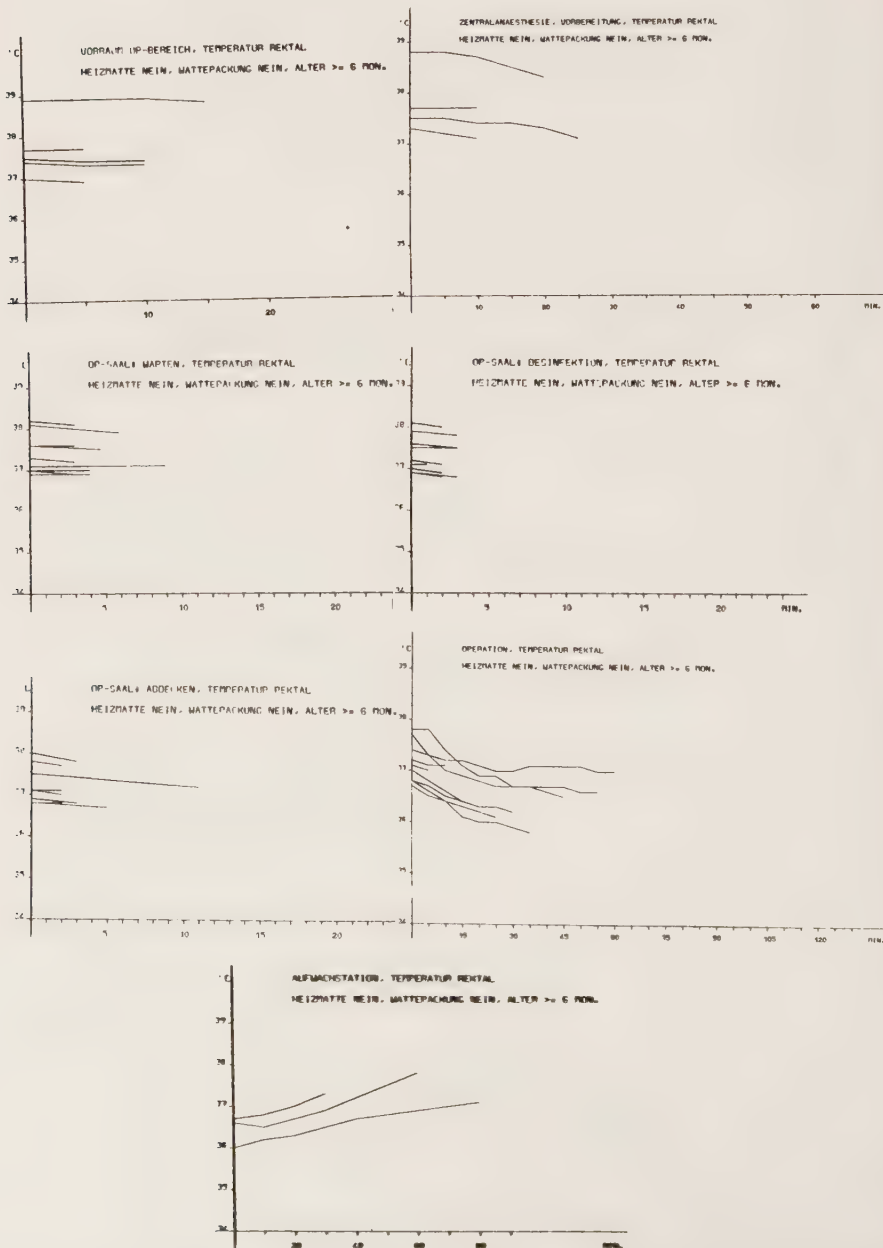


In dieser Gruppe fielen die Hauttemperaturen während der Vorbereitung in der Anaesthesie nicht unter  $33^{\circ}\text{C}$  und die Rektaltemperaturen nicht unter  $37^{\circ}\text{C}$ . Ein Abfall der Hauttemperatur erfolgte während der Desinfektion, gefolgt von einem sofortigen Wiederanstieg während des praeoperativen Abdeckens; es zeigen sich kaum Auswirkungen auf die Rektaltemperatur. Während der Operation fällt die Hauttemperatur nicht unter  $33^{\circ}\text{C}$ , die Rektaltemperatur nicht unter  $36^{\circ}\text{C}$ . Die Rektaltemperaturen zum Zeitpunkt 15 min. nach Operationsbeginn betrugen im Mittel  $\bar{T} = 36,86^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,4$ ) gegenüber einer mittleren Rektaltemperatur am Beginn des Aufenthaltes im Vorraum von  $\bar{T} = 37,49^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,17$ ). Dies entspricht einem mittleren Wärmeverlust von  $0,63^{\circ}\text{C}$ . Die mittlere Aufwärmzeit betrug knapp eine Stunde. Es gelingt also die Vermeidung von Hypothermie auch für die Altersgruppe unter einem halben Jahr bei Verwendung von geeigneten Hilfsmitteln.

Gruppe ohne Heizmatte und ohne Wattepackungen -  
sechs Monate und älter, Hauttemperatur.

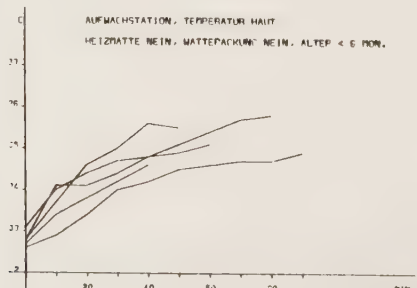
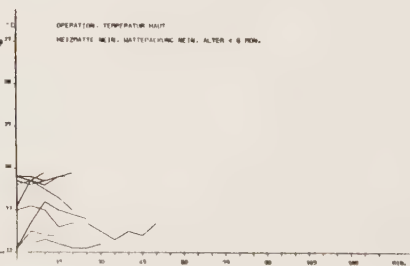
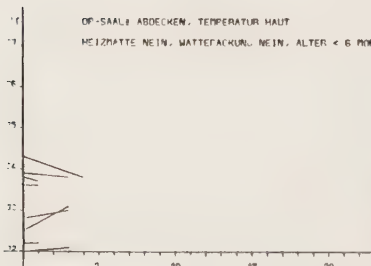
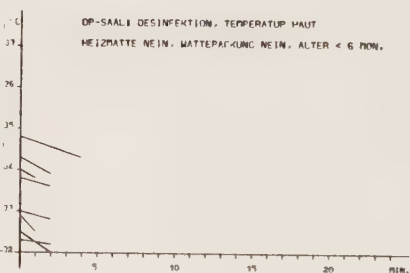
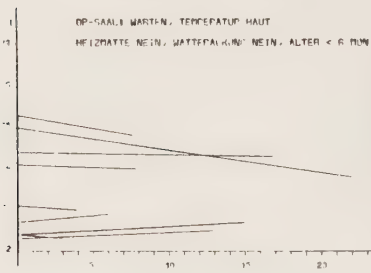
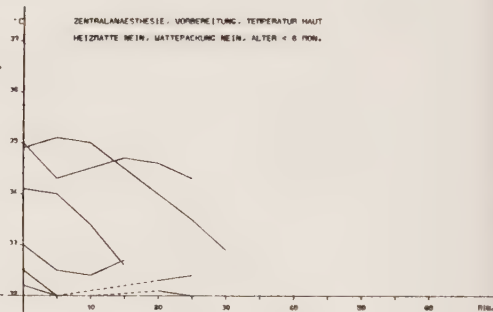
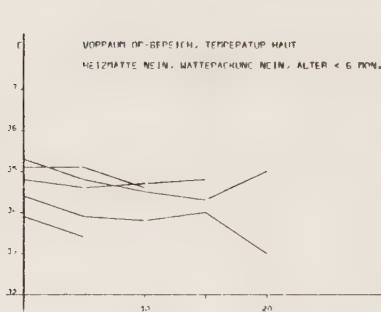


Gruppe ohne Heizmatte und ohne Wattepackungen -  
sechs Monate und älter, Rektaltemperaturen.

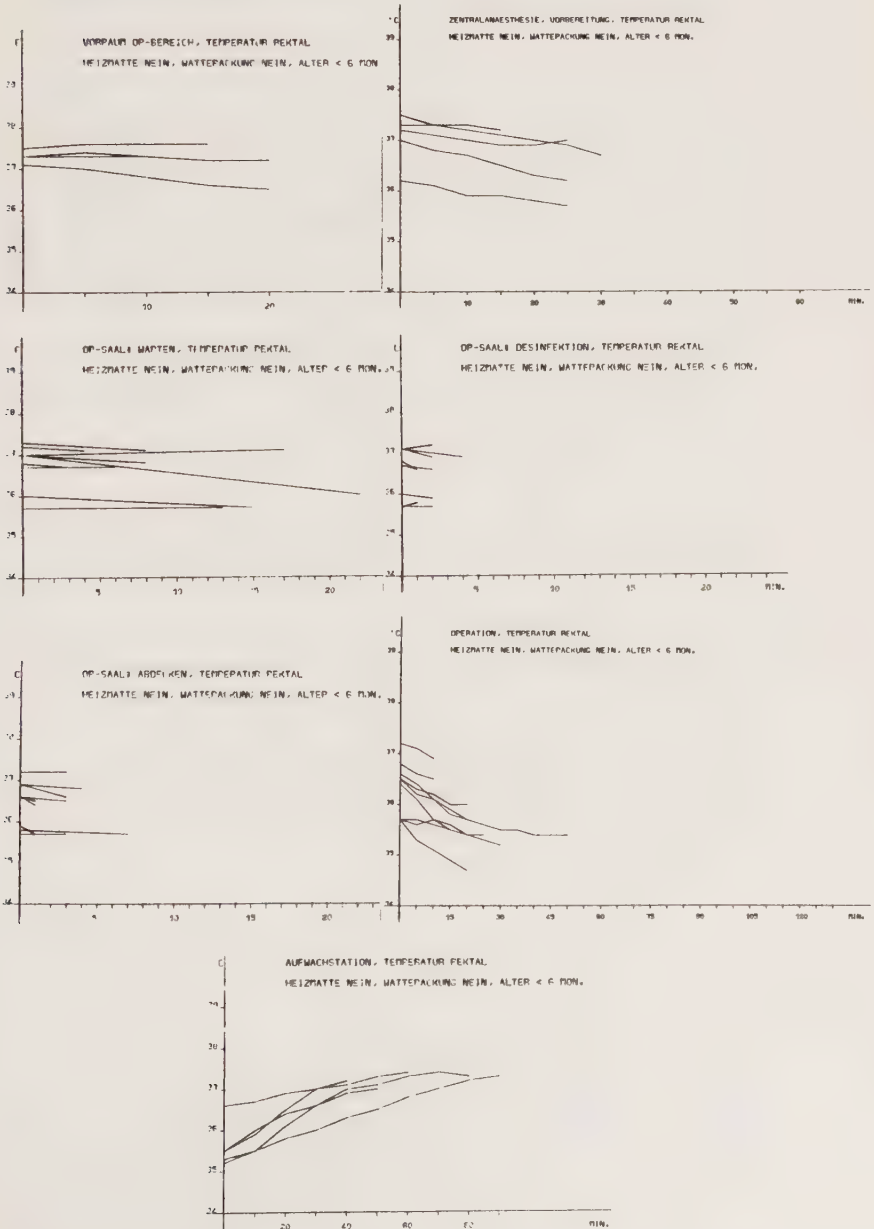


Das Temperaturverhalten dieser Gruppe bestätigt die oben getroffenen Feststellungen über das relativ unkomplizierte Temperaturverhalten der Altersgruppe über einem halben Jahr. Auch ohne Wärmeschutz fallen in dieser Altersgruppe die Rektaltemperaturen zu keinem Zeitpunkt unter  $36^{\circ}\text{C}$ . Die Rektaltemperaturen zum Zeitpunkt 15 min. nach Operationsbeginn betrugen im Mittel  $\bar{T} = 36,63^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,43$ ) gegenüber einer mittleren Rektaltemperatur im Vorraum von  $\bar{T} = 37,7^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,72$ ). Dies entspricht einem mittleren Temperaturabfall von  $1,1^{\circ}\text{C}$ . Die mittlere Aufwärmzeit betrug kaum über eine Stunde.

# Gruppe ohne Heizmatte und ohne Wattepackungen - Alter unter sechs Monaten, Hauttemperaturen.



Gruppe ohne Heizmatte und ohne Wattepackungen -  
Alter unter sechs Monaten, Rektaltemperaturen.





Bereits in der Zentralanaesthesie fielen die Hauttemperaturen bei dieser Gruppe in zwei Fällen unter den Meßbereich des Gerätes von  $32^{\circ}\text{C}$ , die Rektaltemperaturen sanken bereits hier auf bis zu  $36^{\circ}\text{C}$  ab. Während der praeoperativen Hautdesinfektion fallen die Hauttemperaturen alle mäßig steil ab. Während der Operation lagen die Hauttemperaturen nie über  $34^{\circ}\text{C}$ , die niedrigste Rektaltemperatur betrug  $34,7^{\circ}\text{C}$ . Die Rektaltemperatur zum Zeitpunkt 15 min. nach Operationsbeginn betrug im Mittel  $\bar{T} = 35,6^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,37$ ) gegenüber einer mittleren Rektaltemperatur am Beginn des Aufenthaltes im Vorraum von  $\bar{T} = 37,3^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,14$ ). Der mittlere Temperaturabfall dieser Gruppe betrug also  $1,7^{\circ}\text{C}$ . Die Aufwärmzeit lag deutlich über einer Stunde. Fazit: Operationen an Säuglingen unter einem halben Jahr sollten nach Möglichkeit nicht ohne wirksame Unterkühlungsschutzmaßnahmen durchgeführt werden.

Direkter Vergleich innerhalb der Doppelschichtung  
aus Alter und Wärmeschutzmaßnahmen.

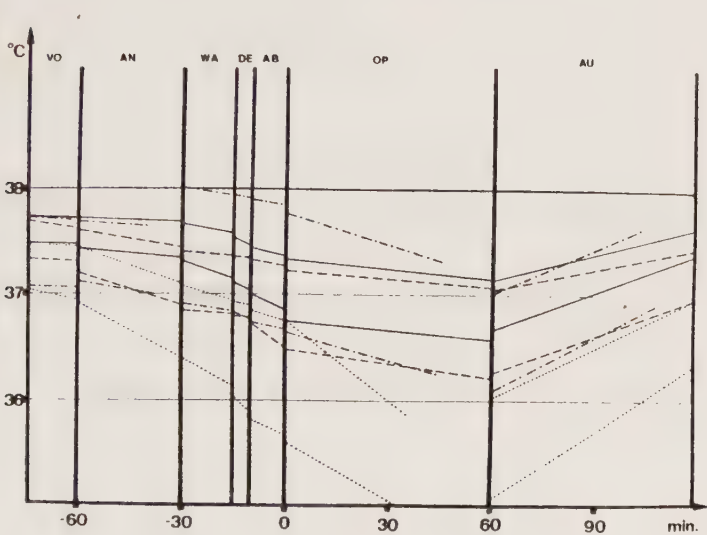


Abb. 24: Oberste und unterste Rektaltemperaturkurve jeder Gruppe mit gleichem Alter und gleichen Unterkühlungsschutzmaßnahmen.

Es bedeutet:

- Gruppe mit Heizmatte und mit Wattepackung, sechs Monate und älter.
- Gruppe mit Heizmatte und mit Wattepackung, Alter unter sechs Monaten.
- ..... Gruppe ohne Heizmatte und ohne Wattepackungen, sechs Monate und älter.
- ..... Gruppe ohne Heizmatte und ohne Wattepackung, Alter unter sechs Monaten.

VO Vorraum der Operationsabteilung  
AN Zentralanaesthesie  
WA Warten im Operationssaal  
DE Praeoperative Hautdesinfektion  
AB Praeoperatives Abdecken  
OP Operation  
AU Aufwachstation bzw. Intensivstation

Die zusammenfassende Schemazeichnung veranschaulicht die eben getroffenen Feststellungen; auffallend der sehr deutliche Unterschied zwischen der Gruppe ohne Heizmatte und Wattepackungen unter 6 Monaten und den drei anderen Gruppen: die Obergrenze der erstgenannten Gruppe liegt noch unterhalb der Untergrenzen aller drei übrigen Gruppen! Hieraus ist zu folgern, daß keinesfalls Säuglinge im Alter unter einem halben Jahr ohne suffizienten Schutz vor Unterkühlung einer Operation gleich welcher Art unterzogen werden sollten.

## 6. TEMPERATURVERLAUFSKURVEN ANALYSIERT NACH DER ART DER OPERATION

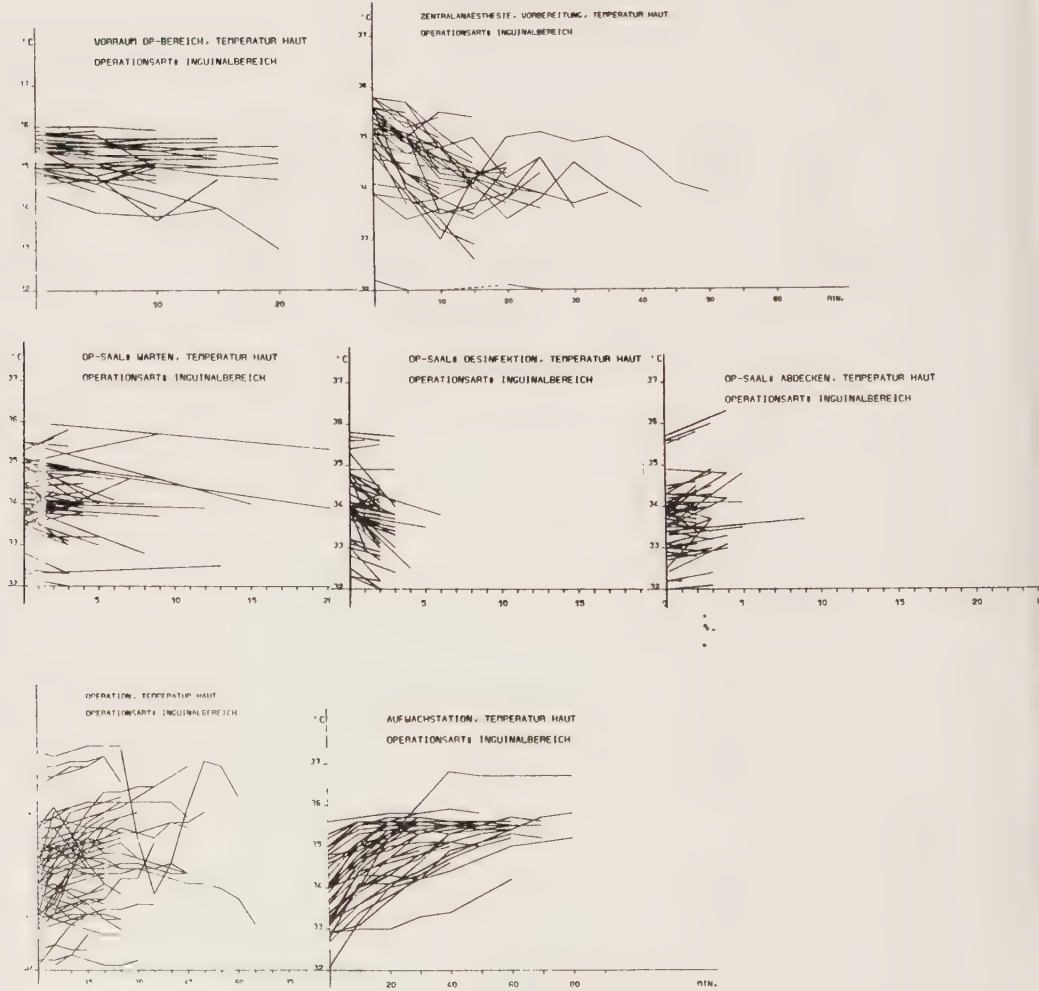
---

Um einen möglichen Einfluß der Art der vorgenommenen Operation auf das Temperaturverhalten der Säuglinge zu zeigen oder auszuschließen, wurde eine entsprechende Schichtung vorgenommen:

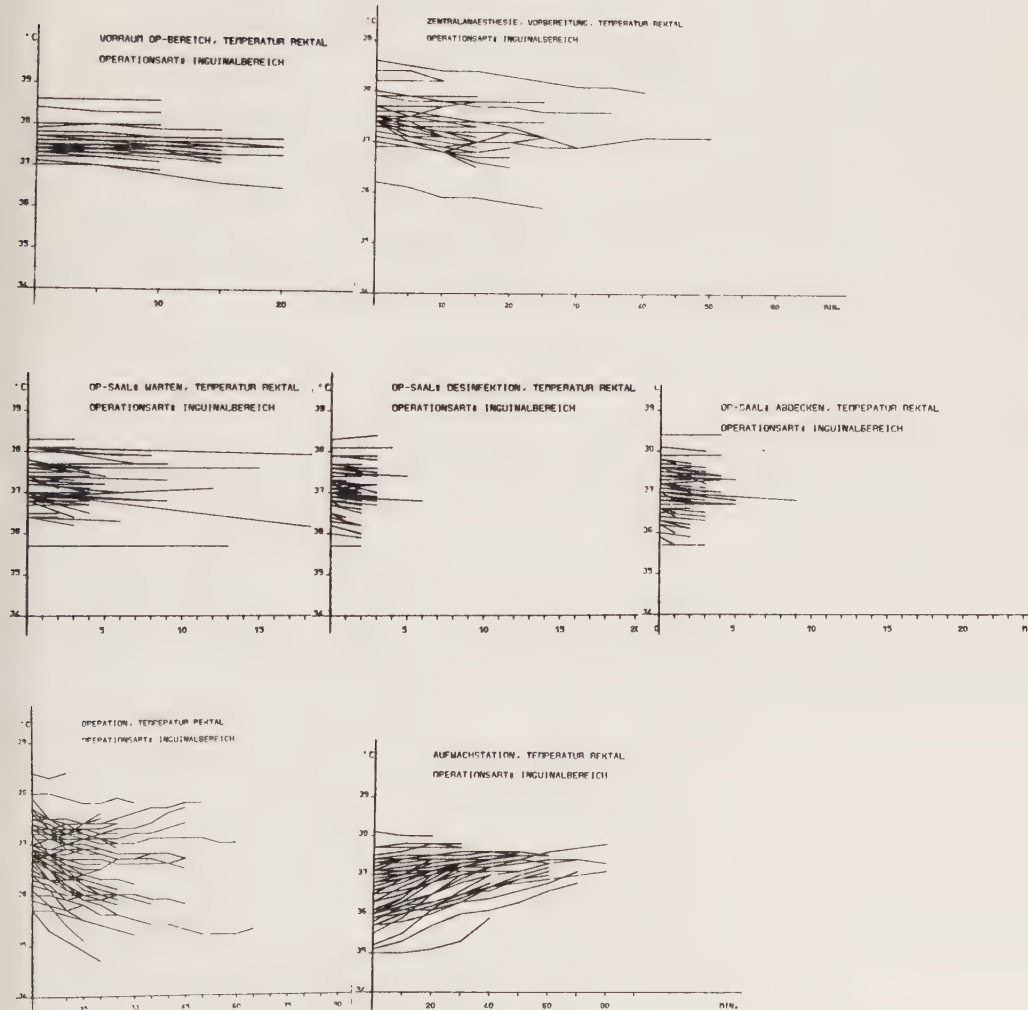
- Operation im Inguinalbereich
- Laparotomien unter 30 Minuten
- Laparotomien von 30 Minuten und länger
- Thorakotomien
- Excisionen
- Sonstige

Die Klassen zwei, vier und fünf sind jedoch so schwach besetzt (s. Histogramm oben), daß sie bei der folgenden Auswertung nicht berücksichtigt werden konnten.

Gruppe "Operationsart Inguinalbereich",  
Hauttemperaturen.

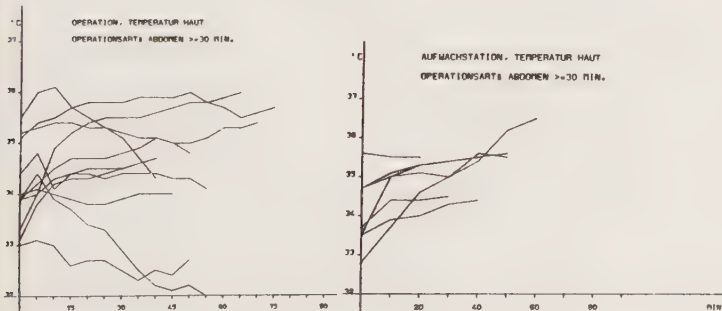
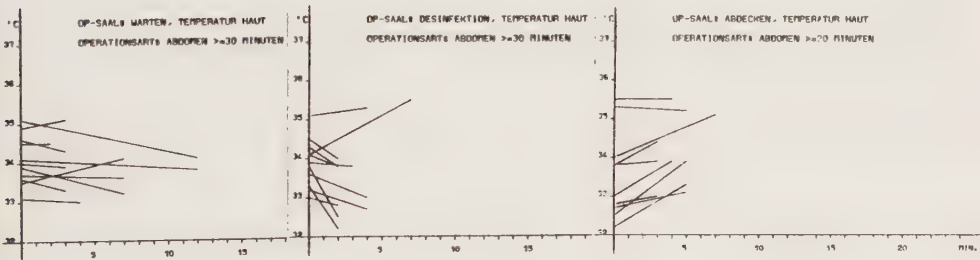
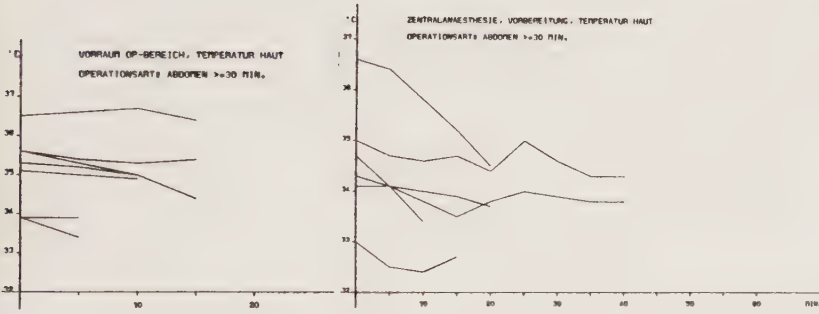


Gruppe "Operationsart Inguinalbereich",  
Rektaltemperaturen.



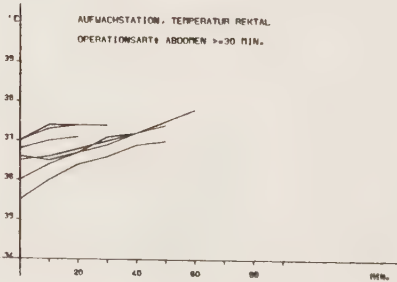
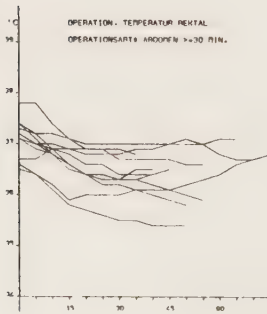
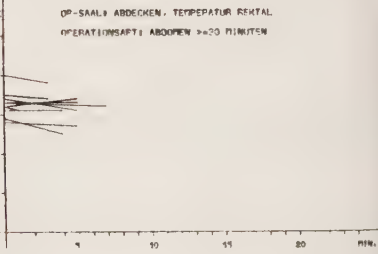
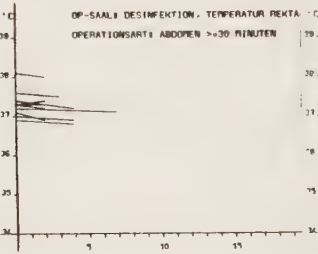
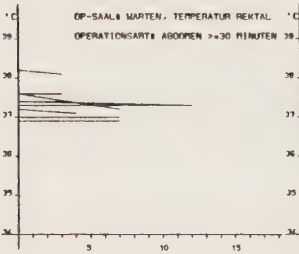
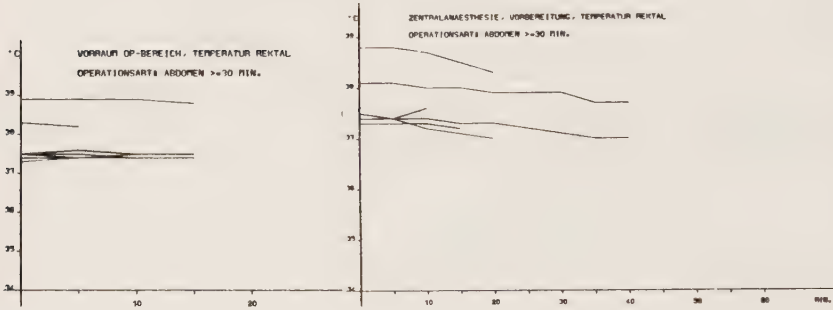
Diese Gruppe (es handelt sich vorwiegend um Hernien) zeigt in allen Phasen eine sehr breite Streuung sowohl der Haut- als auch der Rektaltemperaturen. Die Rektaltemperaturen 15 min. nach Operationsbeginn schwanken zwischen  $38^{\circ}\text{C}$  und unter  $35^{\circ}\text{C}$ , die Aufwärmzeit beträgt etwa eine Stunde. Die Tatsache der sehr breiten Streuung der Kurven spricht dafür, daß sich alle anderen Einflüsse auf die Körpertemperatur viel stärker auswirken als die Art des vorgenommenen Eingriffs.

Gruppe "Laparotomien über 30 Minuten Dauer",  
Hauttemperaturen.



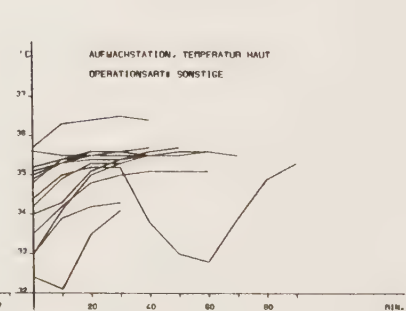
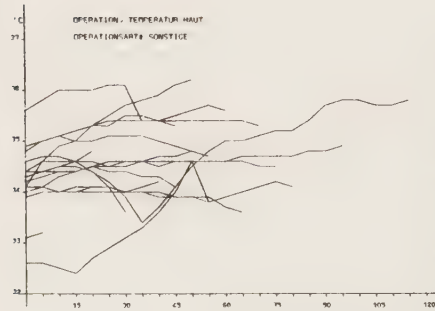
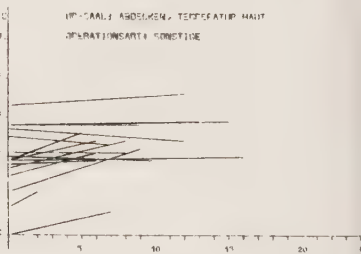
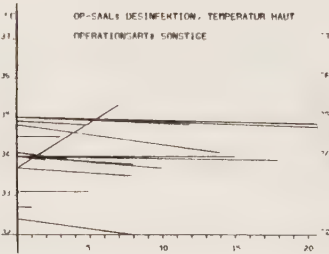
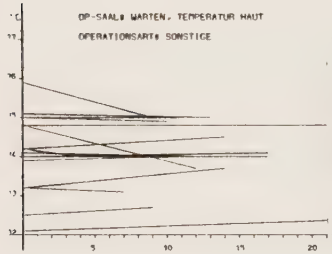
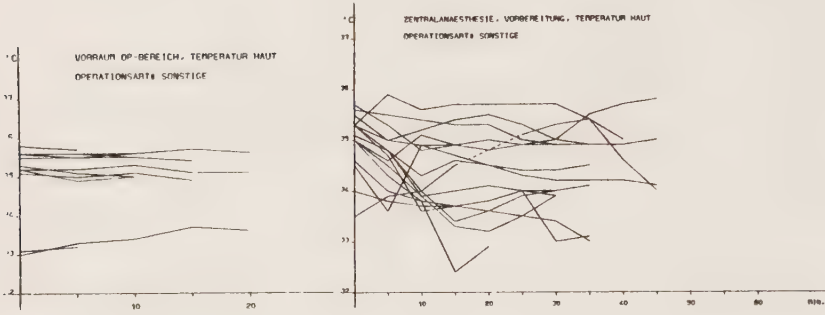


# Gruppe "Laparotomien über 30 Minuten Dauer", Rektaltemperaturen.

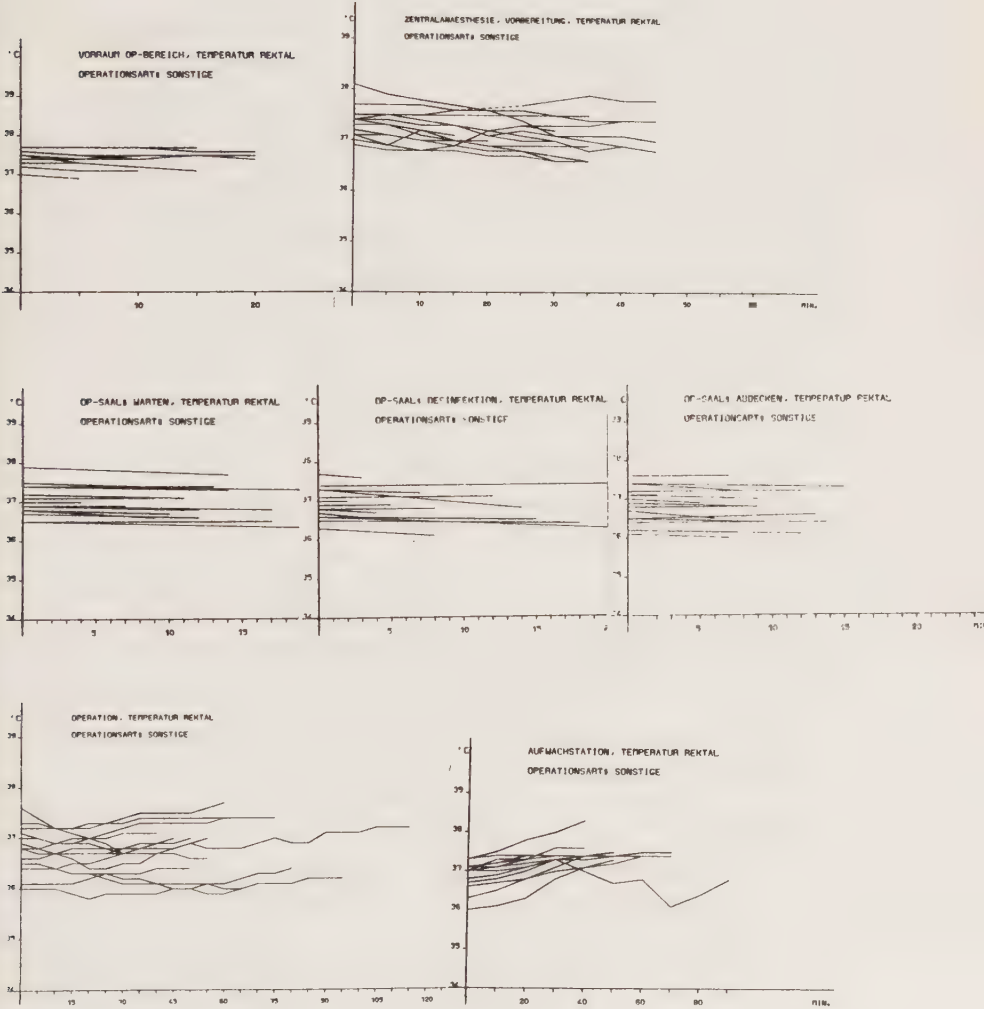


Die Kurven streuen in dieser Gruppe nicht ganz so breit wie in Gruppe 1. Das Gefälle der Rektaltemperatur liegt beim Vergleich mit anderen Gruppen zeitlich etwa in der Mitte. Die Rektaltemperaturen zum Zeitpunkt 15 min. nach Operationsbeginn betragen im Mittel  $\bar{T} = 36,62^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,43$ ) gegenüber einer mittleren Rektaltemperatur am Beginn des Aufenthaltes im Vorraum von  $\bar{T} = 37,77^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,60$ ). Der mittlere Temperaturverlust beträgt also  $1,15^{\circ}\text{C}$ . Extreme Wärmeverluste auf unter  $35^{\circ}\text{C}$  rektal finden nicht statt. Die Aufwärmzeit liegt deutlich unter einer Stunde. Längerdauernde Laparotomien bewirken für sich allein offensichtlich keine signifikante Erhöhung der Hypothermiegefahr.

Gruppe "Sonstige Operationen", Hauttemperaturen.



Gruppe "Sonstige Operationen", Rektaltemperaturen.



Bei den neurochirurgischen Operationen dauern die einzelnen Abschnitte des Aufenthaltes in der Operationsabteilung durchschnittlich länger als bei den anderen Operationsarten. Die Vorbereitung in der Anaesthesie dauert meist über 30 min., Warten im Operationssaal, Desinfektion und praee-operatives Abdecken allgemein 10 bis über 20 min., die Eingriffe selbst benötigen zwischen 30 min. und bis zwei Stunden. Die Rektaltemperaturen fielen zu keinem Zeitpunkt unter  $36^{\circ}\text{C}$ , erklärlich durch die allgemein aufwendigeren Wärmeschutzmaßnahmen, wenn längere Operationszeiten erwartet werden und durch die eher flach geführte Narkose, ermöglicht durch zusätzliche Anwendung einer Lokalanesthesie für den Hautschnitt. Die Rektaltemperaturen zum Zeitpunkt 15 min. nach Operationsbeginn betrugen im Mittel  $\bar{T} = 36,71^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,40$ ) gegenüber einer mittleren Rektaltemperatur am Beginn des Aufenthaltes im Vorraum der Operationsabteilung von  $\bar{T} = 37,46^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,22$ ). Dies entspricht einem mittleren Wärmeverlust von  $0,75^{\circ}\text{C}$ . Die Aufwärmzeiten bewegen sich entsprechend der mäßigen Abkühlung um 40 - 60 Minuten.

Direkter Vergleich der verschiedenen Operationsarten.

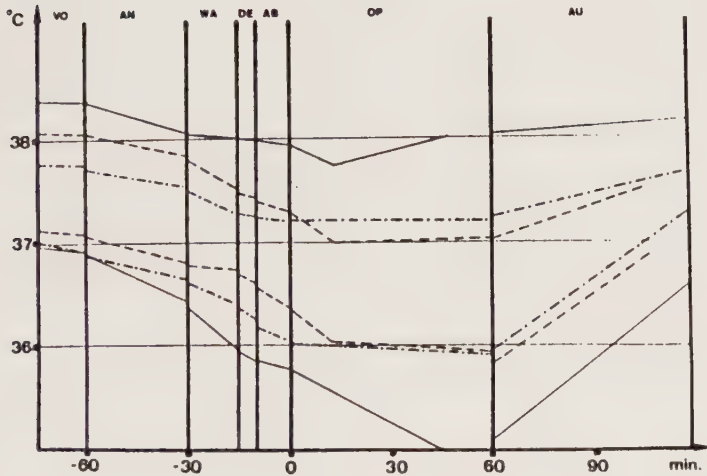


Abb. 25: Oberste und unterste Rektaltemperaturkurve jeder Gruppe mit gleicher Operationsart.

Es bedeutet:

- Operationen im Inguinalbereich
- - - Laparotomien über 30 min. Dauer
- · - · Sonstige Operationen
- VO Vorraum der Operationsabteilung
- AN Zentralanaesthesie
- WA Warten im Operationssaal
- DE Praeoperative Hautdesinfektion
- AB Praeoperatives Abdecken
- OP Operation
- AU Aufwachstation bzw. Intensivstation

Es zeigt sich, wie oben erwähnt, daß die größte Schwankungsbreite in der Gruppe "Operationsart Inguinalbereich" liegt und daß die Säuglinge der Gruppen "Laparotomien von 30 Minuten und länger" und "Sonstige Operationen" aus verschiedenen Gründen nicht wesentlich unter 36 °C abfallen, wohl hauptsächlich deshalb, weil der Unterkühlungsgefahr bei länger dauernden Eingriffen vermehrte Aufmerksamkeit geschenkt wird.

7. TEMPERATURVERLAUFSKURVEN, ANALYSIERT NACH DER  
ART DER NARKOSE.

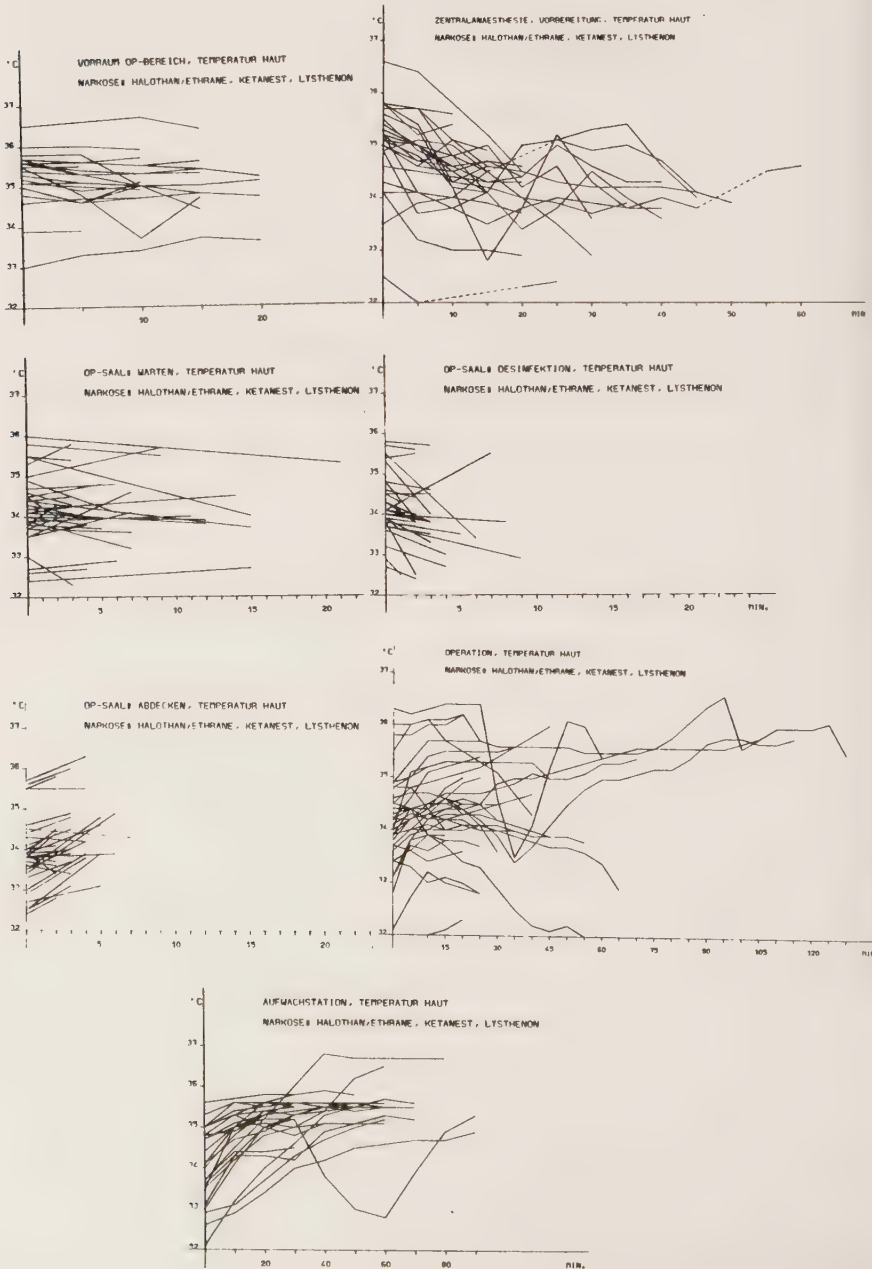
---

Die verschiedenen Verfahren der Allgemeinnarkose mit ihren Auswirkungen auf die Körpertemperatur (s. oben) lassen noch eine diesbezügliche Schichtung notwendig erscheinen:

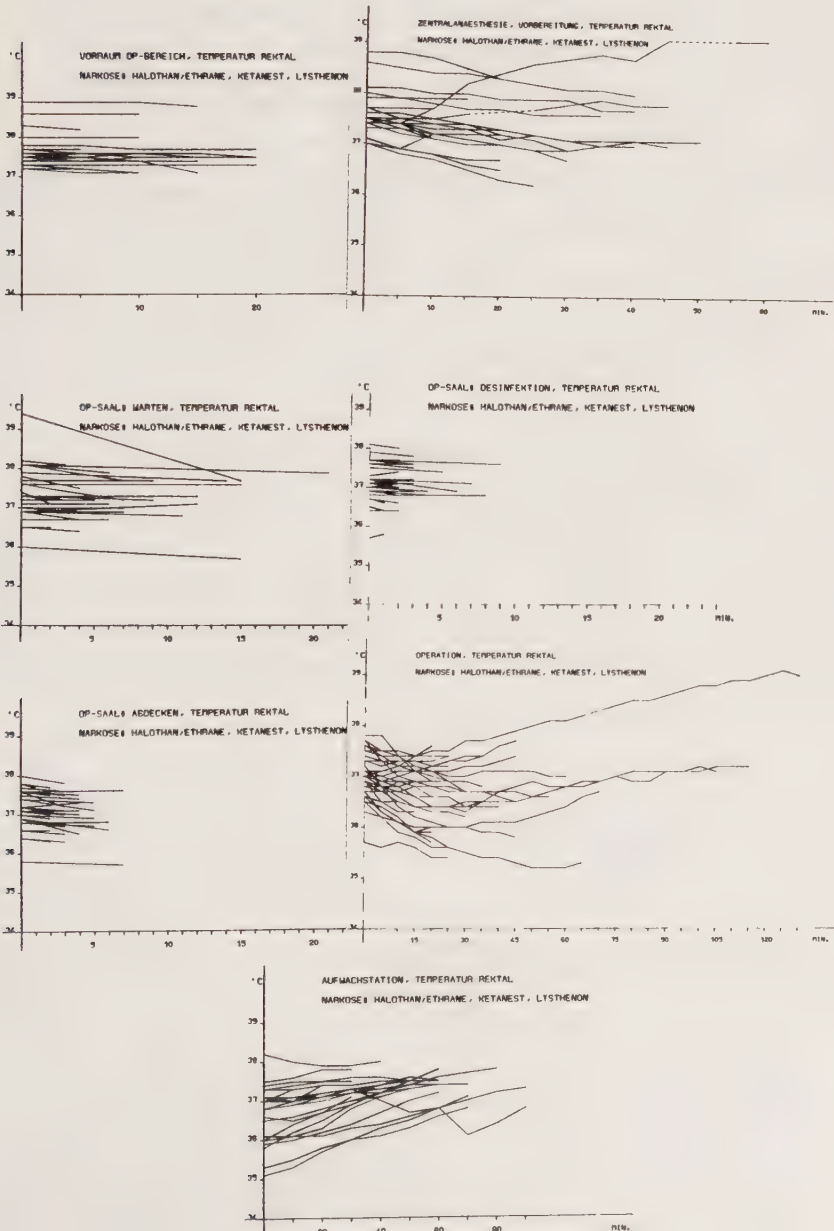
- Narkose mit Halothan oder Ethrane unter Verwendung sowohl von Ketamine als auch von Succinylcholin (A)
- Narkose mit Halothan oder Ethrane unter Verwendung von Ketamine (B)
- Narkose mit Halothan oder Ethrane unter Verwendung von Succinylcholin ohne Ketamine (C)
- Narkose nur mit Halothan oder Ethrane (D)
- Neuroleptanaesthesia (E)



# Gruppe A: Inhalationsnarkose mit Succinylcholin und Ketamine, Hauttemperaturen.



Gruppe A: Inhalationsnarkose mit Succinylcholin  
und Ketamine, Rektaltemperaturen.

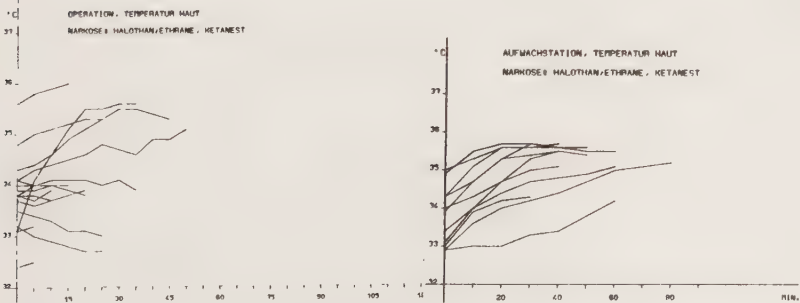
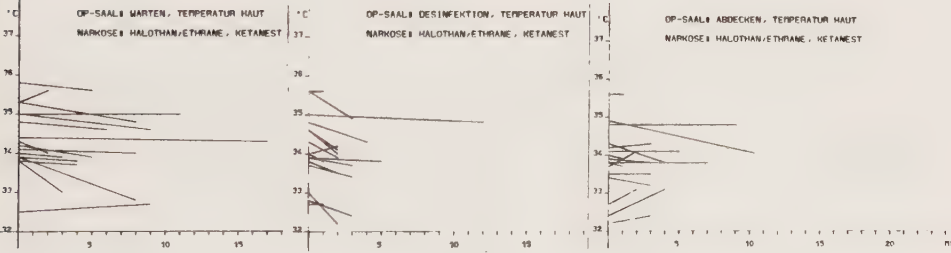
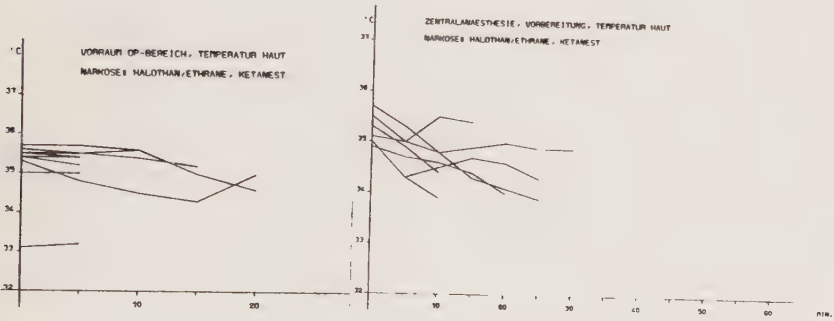


Die Hauttemperatur während der Vorbereitung in der Anaesthesie zeigt erhebliche Schwankungen, in einem Fall wird der Meßbereich des Gerätes unterschritten. Die Zeiten für Warten, Desinfektion und Abdecken betragen nicht unter fünf Minuten mit einem deutlichen Abfall der Rektaltemperatur.

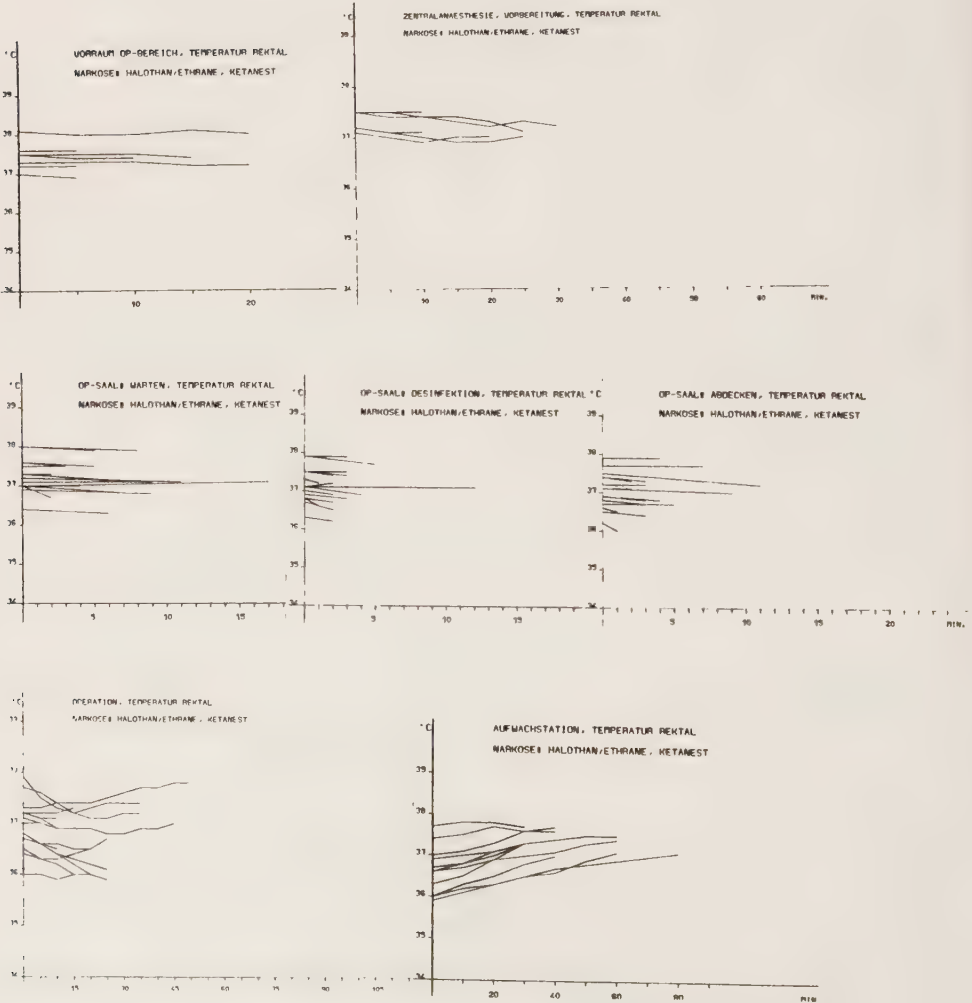
Die Rektaltemperaturen zum Zeitpunkt 15 min. nach Operationsbeginn betrugen im Mittel  $\bar{T} = 36,72^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,54$ ) gegenüber einer mittleren Rektaltemperatur zu Beginn des Aufenthaltes im Vorraum von  $\bar{T} = 37,63^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,41$ ). Der mittlere Temperaturverlust beträgt also  $0,91^{\circ}\text{C}$ .

Der stärkste Temperaturabfall ging bis etwas über  $35^{\circ}\text{C}$ . Die Aufwärmzeit betrug im Mittel deutlich über eine Stunde. Insgesamt läßt sich bei dieser Gruppe eine relativ starke Auskühlung feststellen, deutlich erhöht sich auch der Zeitbedarf für die Aufwärmphase.

Gruppe B: Inhalationsnarkose plus Ketamine,  
Hauttemperaturen.



Gruppe B: Inhalationsnarkose plus Ketamine,  
Rektaltemperaturen.

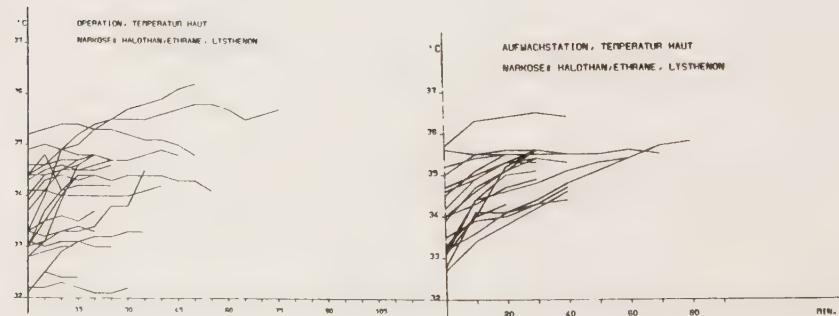
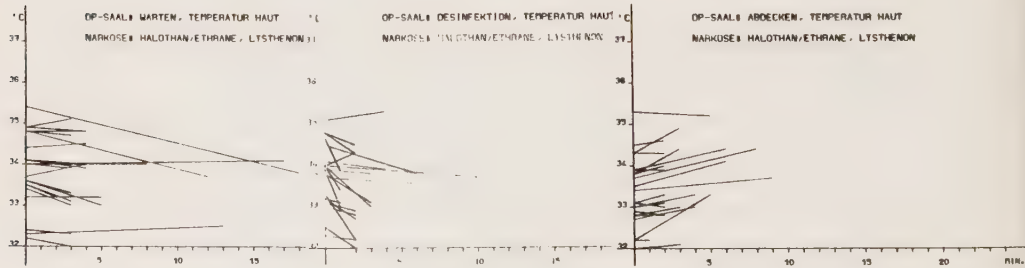
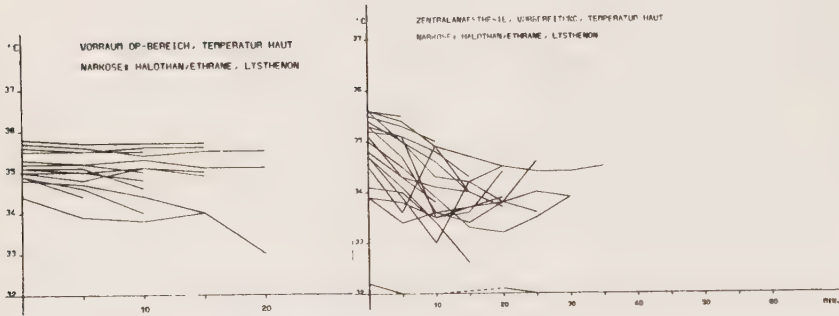


Es zeigt sich ein allgemein ruhiges, unkompliziertes Temperaturverhalten. Keine extremen Abfälle, minimale Rektaltemperaturen nie unter  $36^{\circ}\text{C}$ .

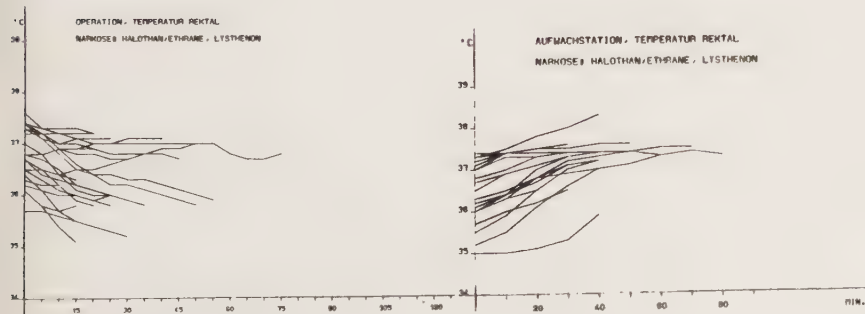
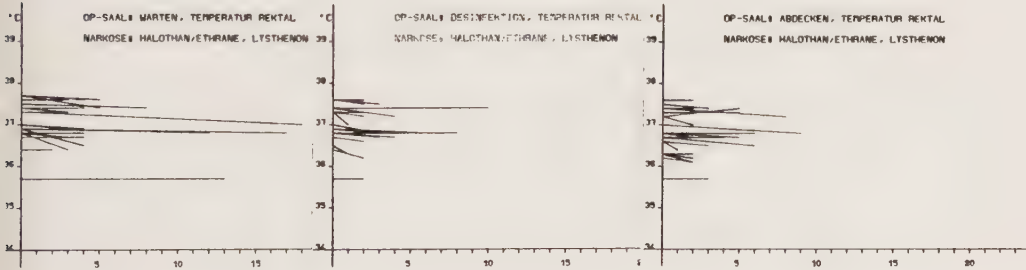
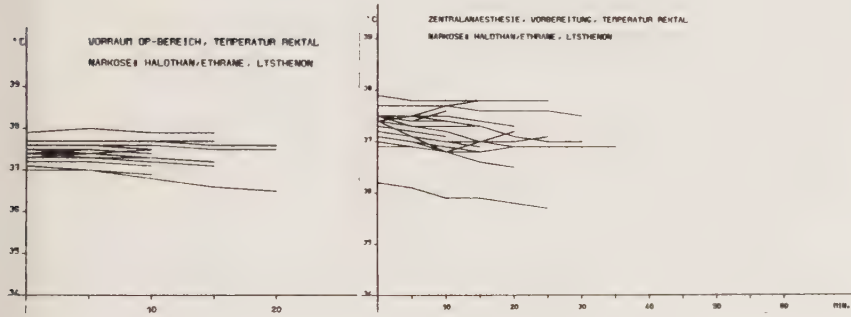
Die Rektaltemperaturen zum Zeitpunkt 15 min. nach Operationsbeginn betragen im Mittel  $\bar{T} = 36,67^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,54$ ) gegenüber einer mittleren Rektaltemperatur am Beginn des Aufenthaltes im Vorraum von  $\bar{T} = 37,41^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,32$ ). Der mittlere Temperaturabfall beträgt also  $0,74^{\circ}\text{C}$ .

Die Operationsdauer betrug in dieser Gruppe kaum über 45 Minuten, die Aufwärmzeit etwa eine Stunde. Eine Hypothermie ist in keinem Fall registriert worden. Möglicherweise wird durch Vorgabe von Ketamine der Bedarf an Inhalationsnarkotika zur Erreichung der gewünschten Narkosetiefe verringert, so daß durch entsprechend niedrigere Dosen von Halothan bzw. Ethrane deren negative Auswirkungen auf den Wärmehaushalt hintangehalten werden.

Gruppe C: Inhalationsnarkose plus Succinylbischolin,  
Hauttemperaturen.



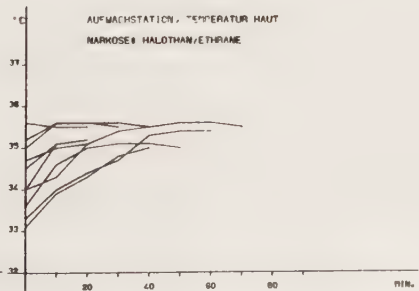
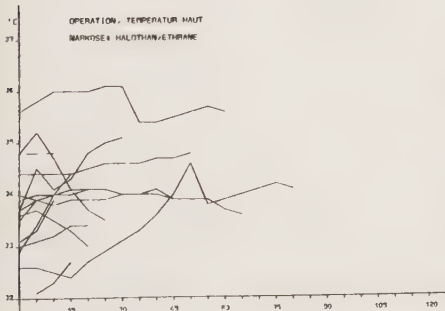
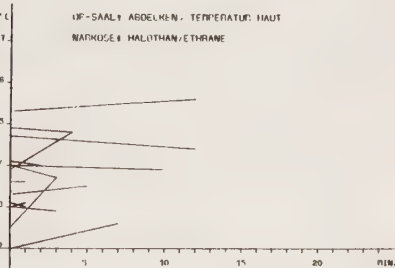
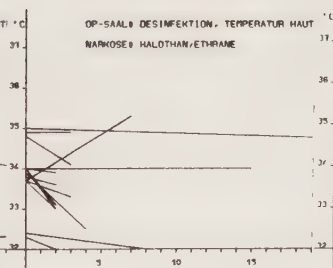
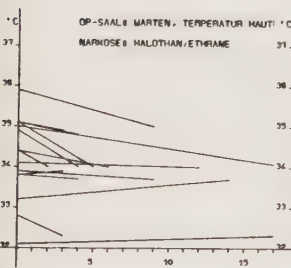
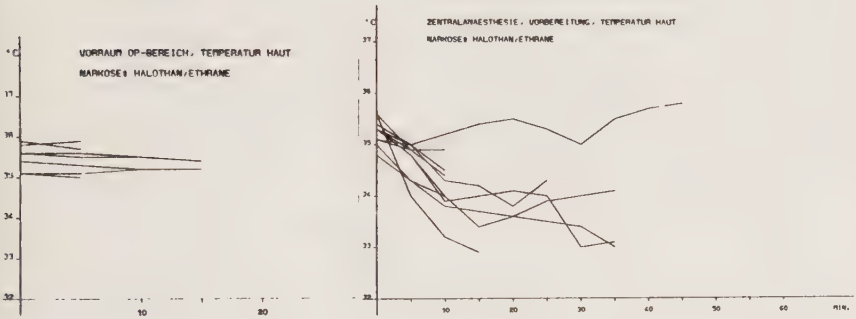
Gruppe C: Inhalationsnarkose plus Succinylcholin,  
Rektaltemperaturen.



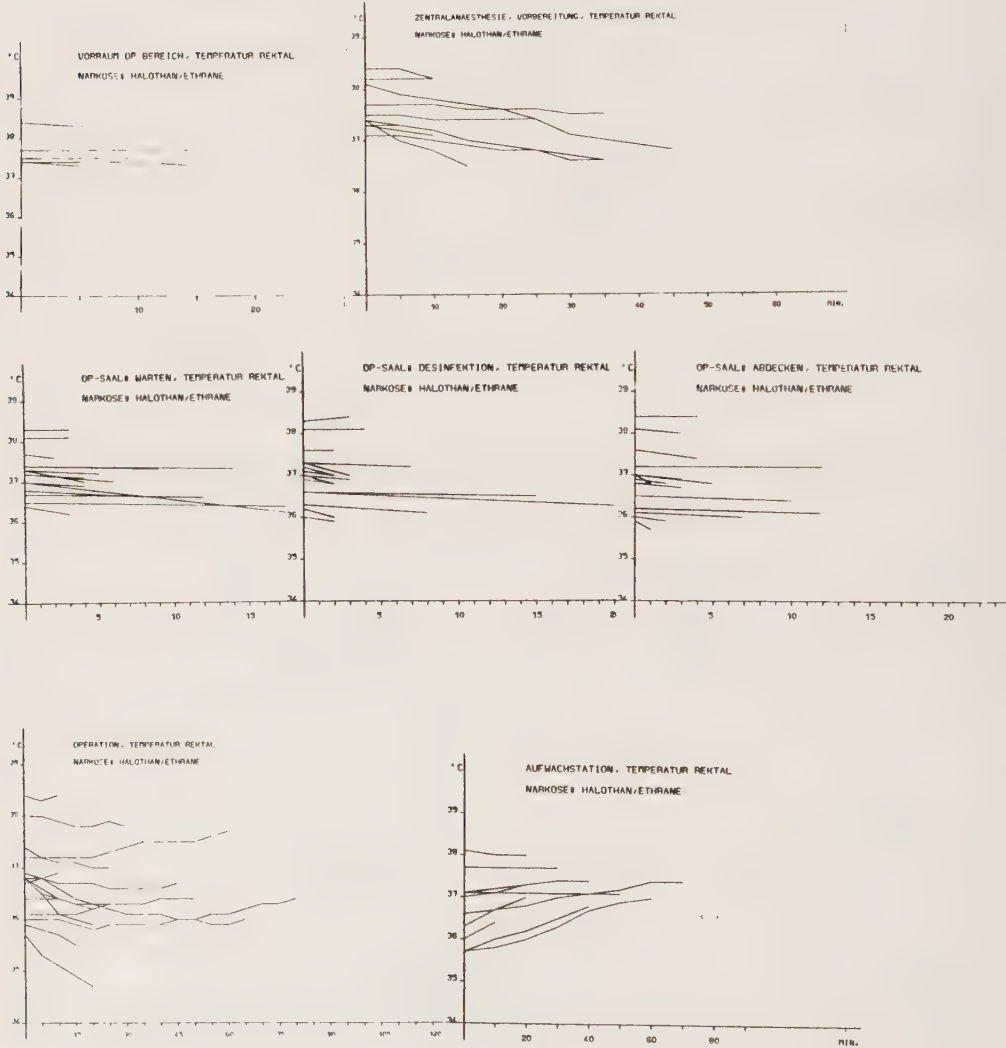


In dieser Gruppe werden bereits während der Vorbereitung in der Anaesthesie Hauttemperaturen bis unter  $32^{\circ}\text{C}$  gemessen. Der Zeitbedarf beim Warten im Operationssaal, der Desinfektion und beim praeoperativen Abdecken betrug kaum über fünf Minuten, trotzdem fand ein deutlicher Abfall der Rektaltemperaturen statt. Die Untergrenze der Rektaltemperaturen reichte bis knapp über  $35^{\circ}\text{C}$ . Die Rektaltemperaturen zum Zeitpunkt 15 min. nach Operationsbeginn betrugen im Mittel  $\bar{T} = 36,42^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,62$ ) gegenüber einer mittleren Rektaltemperatur zu Beginn des Aufenthaltes im Vorraum von  $\bar{T} = 37,44^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,23$ ). Der mittlere Temperaturabfall beträgt demnach ca  $1^{\circ}\text{C}$ . Die Aufwärmzeit betrug meist unter einer Stunde. Insgesamt zeichnet sich bei dieser Gruppe eine deutliche Hypothermiegefahr ab.

Gruppe D: Inhalationsnarkose ohne weitere  
Medikation, Hauttemperaturen.

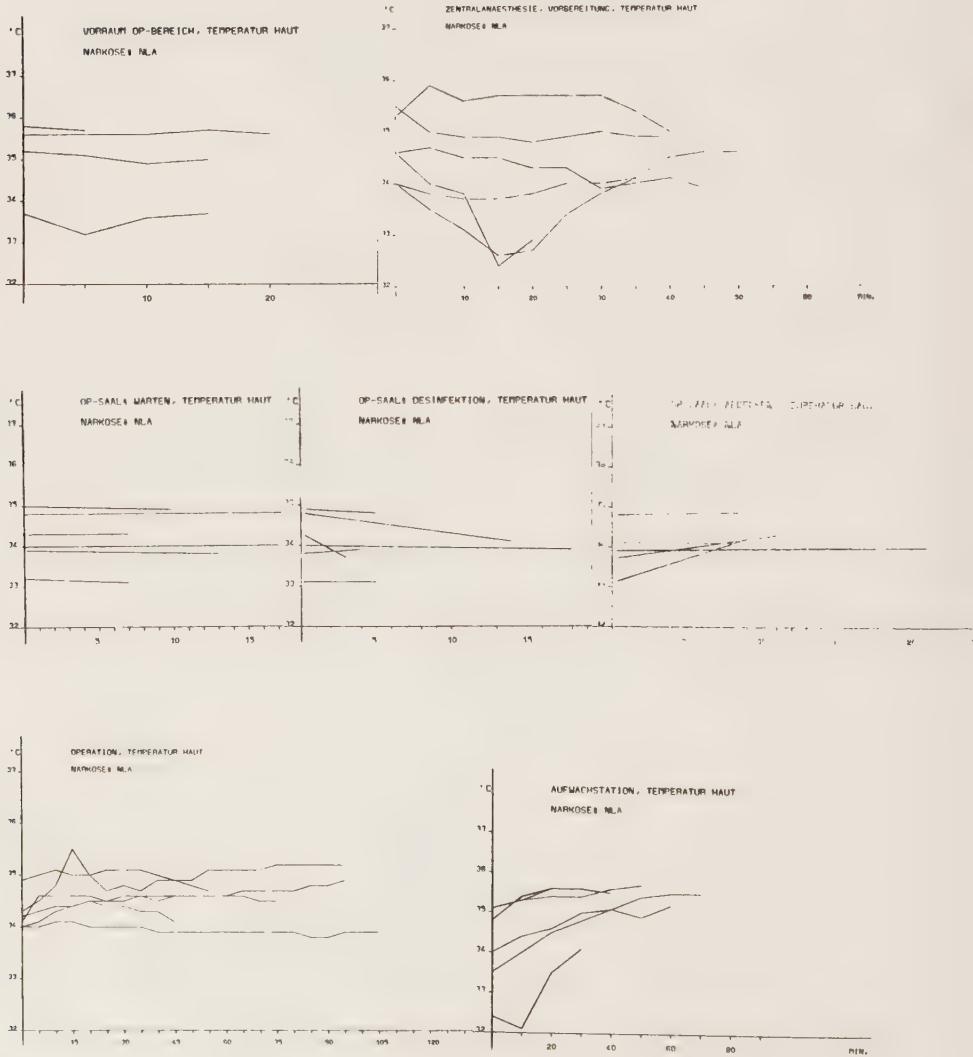


Gruppe D: Inhalationsnarkose ohne weitere  
Medikation, Rektaltemperaturen.

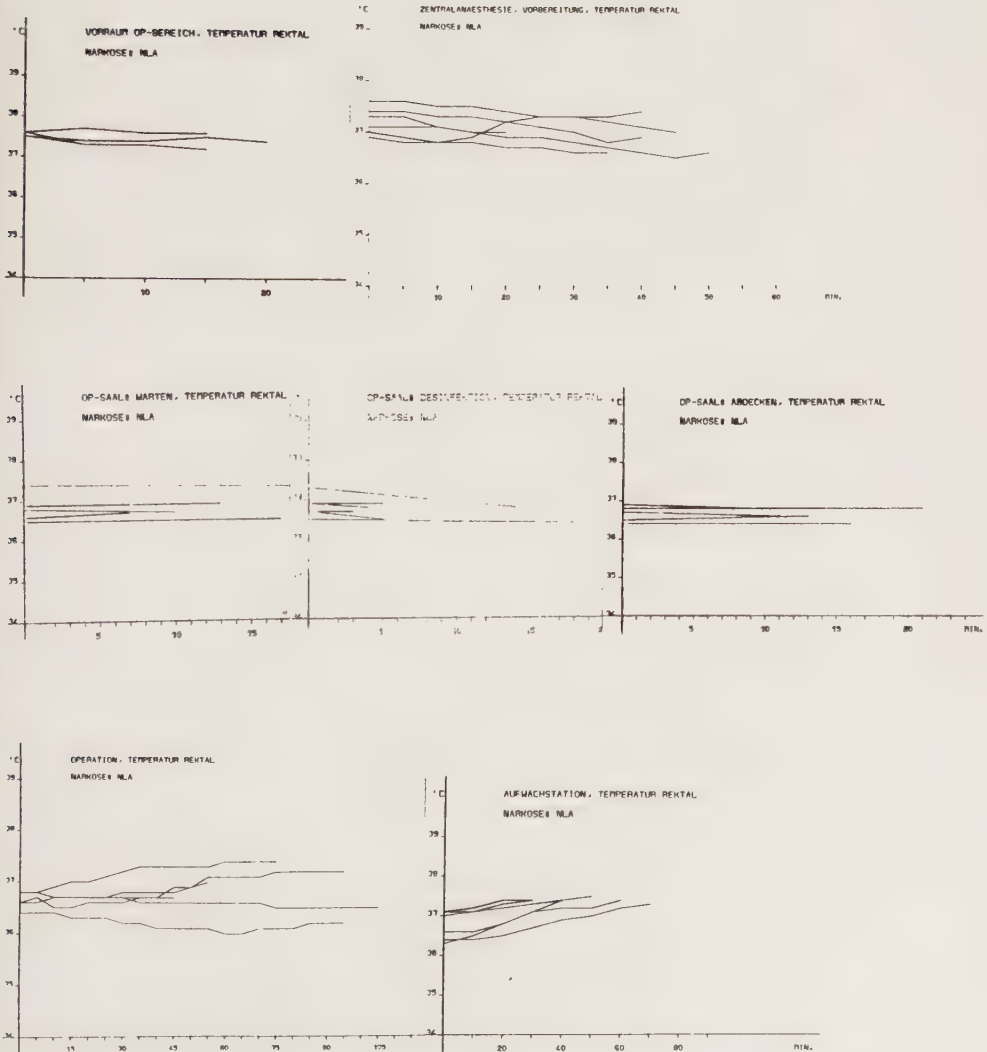


In dieser Gruppe halten sich die Hauttemperaturen in der Vorbereitungsphase in der Zentralanaesthesie über  $33^{\circ}\text{C}$ , es zeigt sich jedoch ein starker Abfall während der Desinfektion und der Operation. Die Rektaltemperatur fällt relativ stark ab, der Minimalwert liegt deutlich unter  $35^{\circ}\text{C}$ . Die Rektaltemperaturen zum Zeitpunkt 15 min. nach Operationsbeginn betrugen im Mittel  $\bar{T} = 36,35^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,78$ ) gegenüber einer mittleren Rektaltemperatur zu Beginn des Aufenthaltes im Vorraum der Operationsabteilung von  $\bar{T} = 37,7^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,42$ ). Der mittlere Temperaturabfall beträgt also  $1,35^{\circ}\text{C}$ . Zeitbedarf für das Aufwärmen: etwa eine Stunde. Folgerung: wenn die Narkosetiefe mit Hilfe von Inhalationsnarkotika allein eingestellt wird, resultiert wegen der dann höheren notwendigen Dosis eine stärkere Auswirkung der unerwünschten Nebenwirkungen dieser Pharmaka auf den Wärmehaushalt.

Gruppe E: Neuroleptanalgesie, Hauttemperaturen.



# Gruppe E: Neuroleptanalgesie, Rektaltemperaturen.



Bei dieser Gruppe ist der Zeitbedarf für die einzelnen Phasen des Aufenthaltes in der Operationsabteilung relativ hoch. Die Hauttemperatur fällt zu keinem Zeitpunkt unter  $34^{\circ}\text{C}$  ab, die Rektaltemperatur nicht unter  $36,5^{\circ}\text{C}$ . Die Rektaltemperatur zum Zeitpunkt 15 min. nach Operationsbeginn betrug im Mittel  $\bar{T} = 36,64^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,21$ ) gegenüber einer mittleren Rektaltemperatur zu Beginn des Aufenthaltes im Vorraum von  $\bar{T} = 37,5^{\circ}\text{C}$  ( $s^2 = 0,12$ ). Der mittlere Wärmeverlust beträgt hier also  $0,86^{\circ}\text{C}$ . Die Aufwärmzeiten liegen vergleichsweise günstig unter einer Stunde.

Direkter Vergleich zwischen den einzelnen  
Narkoseverfahren.

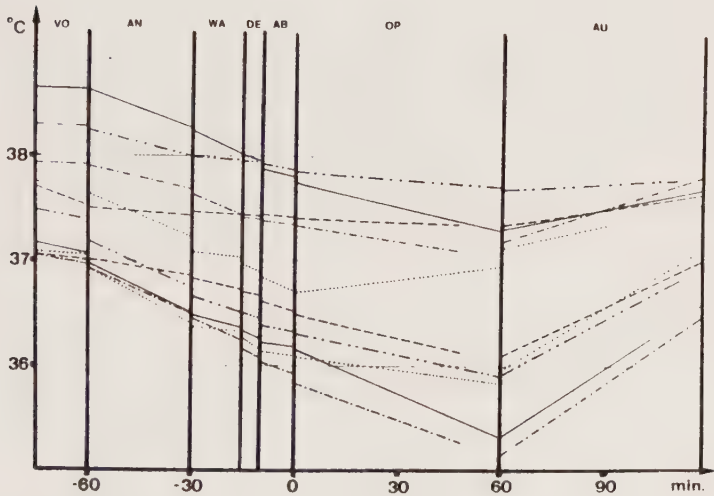


Abb. 26: Oberste und unterste Rektaltemperaturkurven jeder Gruppe mit gleichem Narkoseverfahren.

Es bedeutet:

- Inhalationsnarkose plus Ketamine plus Succinylcholin
- Inhalationsnarkose plus Ketamine
- - - - Inhalationsnarkose plus Succinylcholin
- · - · - Reine Inhalationsnarkose
- · · · · Neuroleptanalgesie

- VO Vorraum der Operationsabteilung
- AN Zentralanaesthesie
- WA Warten im Operationssaal
- DE Praeoperative Hautdesinfektion
- AB Praeoperatives Abdecken
- OP Operation
- AU Aufwachraum bzw. Intensivstation



Bei der Verwendung von Succinylbischolin treten deutlich stärkere Wärmeeinbußen auf. Ein unkompliziertes Temperaturverhalten zeigt sich bei der Anwendung von Ketamine zusätzlich vor der Allgemeinnarkose ohne Verwendung von Succinylcholin sowie auch bei der NLA. Bei der alleinigen Anwendung von Halothan bzw. Ethrane zur Narkose zeigen sich besonders krass die negativen Auswirkungen dieser Narkotika auf den Wärmehaushalt (s. oben).

Anhand unserer Erkenntnisse regen wir an, die Indikation für die Verwendung von Succinylcholin noch strenger, zur Verwendung von Ketanest dagegen noch großzügiger zu stellen.

Darüber hinaus schlägt (24) vor, auch noch Halothan bzw. Ethrane zugunsten von Ketanest einzusparen.

## D S C H L U S S

---

1. WEITERE TECHNIKEN UND VERFAHREN ZUR VERMEIDUNG  
EINER HYPOTHERMIE WÄHREND OPERATIONEN AN  
NEUGEBORENE UND SÄUGLINGEN (aus der Literatur).
- 

"The Silver Swaddler" (4,22): Aluminiumbeschichtete Polyesterfolie zum Abdecken aller Körperpartien des Säuglings außerhalb des Operationsfeldes.

Handelsüblicher Infrarotstrahler, an der Decke des Operationssaales über dem Operationstisch in einer Laufschiene hängend, beweglich und schwenkbar befestigt (40).

"Air-Fluidized-Bed" (38,39,43): Der Säugling liegt während der Operation auf einer Unterlage aus Polyesterfolie über einer Kammer, welche Glaskügelchen im Durchmesser von 75 - 105 Mikron enthält. Die Schicht der Glaskugeln wird von

temperaturkontrollierter, warmer Preßluft durchströmt und nimmt dadurch einen flüssigkeitsähnlichen Zustand an. Der Säugling wird allseitig von warmer Luft umströmt.

Vorwärmen der Infusionsflüssigkeiten durch Einlegen des Infusionsschlauches in einen Warmwasserbehälter (44).

Fiberoptic - System "Hot-Pipe" (47): Seitlich am Operationstisch werden mehrere je 61 cm lange und 0,95 cm dicke flexible, sterilisierbare Glasfaser - Lichtleiter angebracht und deren Strahlenkegel auf den Körper des Säuglings gerichtet. In diese Lichtleiter wird aus einem feedback - gesteuerten Infrarot - Generator Wärmestrahlung mit einer Leistung von 13 kcal/h eingespeist.

## 2. Z U S A M M E N F A S S U N G

---

Es war das Anliegen dieser Arbeit, die Problematik der intraoperativen Unterkühlung beim Säugling mit ihren negativen Auswirkungen

Atemdepression

Herz - Kreislauf - Depression

Stoffwechselbeeinträchtigung

zu untersuchen.

In der Literatur wird darauf hingewiesen, daß weit über die Hälfte aller Säuglinge unter einem Jahr Wärmeverluste von 0,5 bis 3,0 °C erleiden.

Der Grad der Wärmeverluste ist abhängig von

dem Alter des Säuglings

den Schutzmaßnahmen vor Unterkühlung

der Art der Operation

der Art der Narkose.

Die stärkste Auskühlung findet bei Säuglingen statt, die weniger als ein halbes Jahr alt sind, die einer langdauernden Eröffnung der Bauch- oder Brusthöhle unterzogen werden, bei denen die Narkose relativ tief geführt werden muß und deren Aufenthalt in den klimatisierten Räumen des Operationsbereichs insgesamt besonders lange dauert.

Im Verlauf dieser Arbeit wurden 100 Säuglinge im Alter zwischen einem Tag und fünfzehn Monaten untersucht. Die Indikation zur Operation wurde gestellt wegen

Hernien der Bauchwand und der  
Leistengegend  
Atresien und Stenosen im Verlauf des  
Gastro-Intestinaltraktes  
Hydrocephalus internus  
Sonstige Mißbildungen.

62 Kinder wurden während der Operation auf einer elektrischen Heizmatte gelagert,

47 Kinder wurden in Watte eingepackt.

Die Temperaturüberwachung erfolgte mit Hilfe eines transportablen Temperaturmonitors in Fünf-Minuten-Abständen während der einzelnen Phasen des gesamten Aufenthaltes in der Operationsabteilung.

Aufgezeichnet wurde sowohl die Haut- als auch die Rektaltemperatur. Die Untersuchung begann mit dem Abruf des Kindes von der Pflegestation und endete nach dem Wiedererreichen der Ausgangstemperatur. Sämtliche Aufzeichnungen wurden computerlesbar durchgeführt und maschinell ausgewertet.

Ergebnis der Untersuchung:

Bei allen untersuchten Säuglingen sank die Körpertemperatur während des Aufenthaltes in der Operationsabteilung.

Der steilste Abfall von Haut- und Rektaltemperatur findet während der unmittelbaren Operationsvorbereitung in der Zentralanaesthesie und während der praeoperativen Hautdesinfektion im Operationssaal statt.

Eine nur geringgradige Auskühlung von weniger als  $0,5^{\circ}\text{C}$  fand sich bei Säuglingen

- im Alter von sechs Monaten und darüber, die auf der Heizmatte gelagert und mit Watte eingepackt waren;
- die vor der Narkose eine Einzeldosis Ketanest bekamen und bei denen auf Succinylcholin zur Muskelrelaxation verzichtet wurde.

Die stärkste Auskühlung auf unter  $32^{\circ}\text{C}$  Hauttemperatur und unter  $35^{\circ}\text{C}$  Rektaltemperatur wurde verzeichnet bei Säuglingen

- im Alter unter sechs Monaten, die ohne Heizmatte und ohne Wattepackungen operiert wurden;
- bei denen Succinylcholin zur Muskelrelaxation nicht entbehrt werden konnte.

Therapeutische Konsequenzen:

- Lagerung aller Säuglinge unter einem halben Jahr auf einer Heizmatte;
- zusätzliche Anwendung von Wattepackungen bei besonders retardierten Säuglingen, z.B. Frühgeborenen, und bei langdauernden Eingriffen;
- bestmögliche Vermeidung von Succinylcholin zur Muskelrelaxation, großzügige Indikationsstellung für Ketanest zusätzlich zur üblichen Allgemeinnarkose;
- postoperative Lagerung aller unterkühlten Säuglinge in einem vorgeheizten Wärmebett.

Bei Beachtung der oben genannten Vorsichtsmaßnahmen gelingt es nach unserer Schätzung, mindestens 90 % aller operierten Säuglinge vor einem Wärmeverlust von mehr als 0,5 °C zu bewahren.

## L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

---

1. Adamsons, K.Jr., Gandy, G.M., James, L.S.:  
The Influence of Thermal Factors Upon Oxygen  
Consumption of the Newborn Human Infant.  
J. Pediat. 66, 495 (1965)
2. Agate, F.J.Jr., Silverman, W.A.:  
The Control of Body Temperature in the Small  
Newborn Infant by Low-Energy Infra-Red  
Radiation.  
Pediatrics 31, 725 (1963)
3. Aherne, W., Hull, D.:  
The Site of Heat Production in the Newborn  
Infant.  
Proc.R.Soc.Med. 57, 1172 (1964)
4. Baum, J.D., Scopes, J.W.:  
The Silver Swaddler: Device for Preventing  
Hypothermia in the Newborn.  
Lancet 3, 672 (1968)
5. Bosina, E., Hagmüller, G.:  
Das intraoperative Verhalten der Körpertemperatur.  
Z.Kinderchir. 18, 339 (1976)
6. Botty, C., Brown, B., Stanley, V., Stephen, C.R.:  
Clinical Experiences with Compound 347,  
A Halogenated Anesthetic Agent.  
Anesth.Analg. 47, 499 (1968)



7. Brück, K.:  
Die Temperaturregelung des Neugeborenen.  
Handb.Kinderheilk. I/2, 23 - 30,  
Springer Berlin, Heidelb., NewYork 1971
8. Brück, K.:  
Temperature Regulation in the Newborn Infant.  
Biologia Neonat. 3, 65 (1961)
9. Brück, K.:  
Besonderheiten und Störungen der Temperaturregelung.  
Handb.Kinderheilk. I/2, 353 - 362,  
Springer Berlin, Heidelberg, NewYork 1971
10. Brück, K.:  
Diagnostik des Energieumsatzes und Wärmehaushaltes:  
Temperaturmessung.  
Handb.Kinderheilk. II/1, 194 - 200,  
Springer Berlin, Heidelberg, NewYork 1966
11. Brück, K.:  
Thermoregulatorische Wärmebildung und braunes  
Fettgewebe beim Neugeborenen.  
Stoffwechsel des Neugeborenen, 133 - 144,  
Herausgeber G.Joppich und H.Wolf, 1. Aufl.,  
Hippokrates Stuttgart 1970
12. Brück, K.:  
Which Environmental Temperature Does the  
Premature Infant Prefer?  
Pediatrics 41, 1027 (1968)
13. Brück, K., Brück, M.:  
Der Energieumsatz hypothermer Frühgeborener.  
Klin.Wschr. 38, 1125 (1960)

14. Brück, K., Parmelee, H., Brück, M.:  
Neutral Temperature Range and Range of "Thermal Comfort" in Premature Infants.  
Biologia Neonat. 4, 32 (1962)
15. Buetow, K.C., Klein, S.W.:  
Effect of Maintenance of "Normal" Skin Temperature on Survival of Infants of Low Birth Weight.  
Pediatrics 34, 163 (1964)
16. Calvert, D.G.:  
Inadvertant Hypothermia in Pediatric Surgery And a Method for its Prevention.  
Anaesthesia 17, 29 (1962)
17. Daily, W.J.R., Klaus, M., Meyer, H.B.P.:  
Apnea in Premature Infants: Monitoring, Incidence, Heart Rate Changes, And an Effect of Environmental Temperature.  
Pediatrics 43, 510 (1969)
18. Davis, T.R.:  
Nonshivering Thermogenesis.  
Fed.Proc. 22, 777 (1963)
19. Dawkins, M.J.R., Scopes, J.W.:  
Nonshivering Thermogenesis and Brown Adipose Tissue in the Human Newborn Infant.  
Nature 206, 201 (1965)
20. Day, R.L., Caliguiri, L., Kamenski, C., Ehrlich, F.:  
Body Temperature and Survival of Premature Infants.  
Pediatrics 34, 171 (1964)
21. Dick, W., Kreuscher, H., Lühken, D.:  
Prevention of Heat Loss during Anesthesia and Operation in the Newborn Baby and Small Infant.  
Acta anaesth.scand.supp. 37, 134 (1970)

22. Dobkin, A.B., Nishioka, K., Gengaje, D.B.,  
Sook Kim, D., Evers, W., Israel, J.S.:  
Ethrane (Compound 347) Anesthesia: A Clinical and  
Laboratory Review of 700 Cases.  
Anesth.Analg. 48, 477 (1969)
23. Engelman, D.R., Lockhart, C.H.:  
Comparisons Between Temperature Effects of  
Ketamine and Halothane Anesthesia in Children.  
Anesth.Analg. 51, 98 (1972)
24. Farman, J.V.:  
Heat Losses in Infants Undergoing Surgery in  
Air-Conditioned Theatres.  
Br.J.Anesth. 34, 543 (1962)
25. Fisher, D.A., Oddie, T.H.:  
Neonatal Thyroidal Hyperactivity-Response to Cooling.  
Am.J.Dis.Child. 107, 574 (1964)
26. Gough, M.H.:  
Temperature Changes During Neonatal Surgery.  
Archs.Dis.Childh. 35, 66 (1960)
27. Hardy, J.D., Soderstrom, G.F.:  
Heat Loss from the Nude Body and Peripheral Blood  
Flow at Temperatures of 22°C-35°C.  
J.Nutr. 15, 493 (1938)
28. Harrison, G.G., Bull, A.B., Schmidt, H.J.:  
Temperature Changes in Children During  
General Anesthesia.  
Brit.J.Anesth. 32, 60 (1960)
29. Hey, E.N.:  
Thermal Regulation in the Newborn.  
Br.J.Hosp.Med. 8, 51 (1972)

30. Hey, E.N., Katz, G.:  
Evaporative Water Loss in the Newborn Baby.  
J.Physiol. 200, 605 (1968)
31. Hey, E.N., Katz, G.:  
The Optimum Thermal Environment for Naked Babies.  
Archs.Dis.Childh. 45, 328 (1970)
32. Hey, E.N., Katz, G., O'Connel, B.:  
The Total Thermal Insulation of the Newborn Baby.  
J.Physiol. 207, 683 (1970)
33. Hey, E.N., Maurice, N.P.:  
Effect of Humidity on Production and Loss of Heat  
in the Newborn Baby.  
Archs.Dis.Childh. 43, 166 (1968)
34. Horbach, L., Jesdinsky, H.J.:  
Empfehlung für die Darstellung statistischer  
Auswertungen in klinischen Veröffentlichungen.  
D.Ges.Med.Dokum.Statistik, Köln (1973)
35. Horber, R., Gauthier-Lafaye, P.:  
Wert der kontinuierlichen Überwachung der Haut-  
temperatur während und nach chirurgischen Eingriffen  
beim Kind.  
Anaesthesist 19, 312 (1970)
36. Oliver, T.K.Jr.:  
Temperature Regulation and Heat Production in the  
Newborn.  
Pediat.Clin.N.Am. 12, 765 (1965)
37. Othersen, H.B.Jr., Hargest, T.S.:  
The Air-Fluidized Bed in Pediatric Surgical Nursing.  
Z.Kinderchir. 14, 202 (1974)

38. Othersen, H.B.Jr., Hargest, T.S.:  
A New Concept in Temperature Stabilisation of  
Infants in the Operating Room.  
Curr.Topics Surg.Res. 3, 77 (1971)
39. Poulos, P., D'Allessandro, E., Barbara, A.,  
Falla, A., Groff, D.B.:  
Operation Room Infant Warmer - Modification of a  
Commercially Available Unit.  
J.Pediat.Surgery 9, 521 (1974)
40. Rashad, K.F., Benson, D.W.:  
Role of Humidity in Prevention of Hypothermia in  
Infants and Children.  
Anesth.Analg. 46, 712 (1967)
41. Roe, C.F., Santulli, T.V., Blair, C.S.:  
Heat Loss in Infants During General Anesthesia  
and Operations.  
J.Pediat.Surgery 1, 266 (1966)
42. Russell, H.E.Jr., Othersen, H.B.Jr., Hargest, T.S.:  
Thermal Regulation of Pediatric Patients in the  
Operating Room by Means of an Air-Fluidized Bed.  
Am.Surg. 38, 111 (1972)
43. Schroll, H., Feuerstein, V.:  
Erfahrungen mit der Warmbluttransfusion bei  
massiven Blutübertragungen.  
Anaesthesist 18, 272 (1969)
44. Scopes, J.W.:  
Metabolic Rate and Temperature Control in the  
Human Baby.  
Br.Med.Bull. 22, 88 (1966)

45. Scopes, J.W., Ahmed, I.:  
Indirect Assessment of Oxygen Requirements in Newborn Babies by Monitoring Deep Body Temperature.  
Archs.Dis.Childh. 41, 25 (1966)
46. Shaw, A., Frenzel, I., Bordiuk, J.:  
Prevention of Neonatal Hypothermia by a Fiber Optic "Hot-Pipe" System: A New Concept.  
J.Pediat.Surgery 6, 354 (1971)
47. Silverman, W.A., Agate, F.J.Jr.:  
Variation in Cold Resistance among Small Newborn Infants.  
Biologia Neonat. 6, 113 (1964)
48. Silverman, W.A., Agate, F.J.Jr., Fertig, J.W.:  
A Sequential Trial of the Nonthermal Effect of Atmospheric Humidity on Survival of Newborn Infants of Low Birth Weight.  
Pediatrics 31, 719 (1963)
49. Silverman, W.A., Sinclair, J.C.:  
Temperature Regulation in the Newborn Infant (Concluded).  
New Engl.J.Med. 274, 146 (1966)
50. Silverman, W.A., Sinclair, J.C., Agate, F.J.Jr.:  
The Oxygen Cost of Minor Changes in Heat Balance of Small Newborn Infants.  
Acta Paediat.Scand. 55, 294 (1966)
51. Silverman, W.A., Sinclair, J.C., Scopes, J.W.:  
Regulation of Body Temperature in Pediatric Surgery.  
J.Pediat.Surgery 1, 320 (1966)

52. Silverman, W.A., Zamelis, A., Sinclair, J.C.,  
Agate, F.J.Jr.:  
Warm Nape of the Newborn.  
Pediatrics 33, 984 (1964)
53. Stern, L., Lees, M.H., Leduc, J.:  
Environmental Temperature, Oxygen Consumption  
and Catecholamine Excretion in Newborn Infants.  
Pediatrics 36, 367 (1965)
54. Stöcker, L.:  
Narkose, 149, 3. Aufl., Thieme Stuttgart 1972
55. Tsingoglou, S., Wilkinson, A.W.:  
Heat Loss During Neonatal Operations.  
Archs.Dis.Childh. 46, 452 (1971)

An dieser Stelle gilt mein herzlicher Dank allen,  
die mich bei meiner Arbeit unterstützt haben,  
zuerst Herrn Prof. Dr. F. P. Gall für die  
Oberlassung des Themas und für die Erlaubnis, die  
Untersuchungen zu dieser Arbeit an seiner Klinik  
durchzuführen.

Sodann danke ich dem Leiter der kinderchirurgischen  
Abteilung, Herrn Prof. Dr. G. H. Willital, der mich  
als mein Doktorvater jederzeit freundlich und  
wertvoll beraten hat.

Ein herzlicher Dank gilt auch meinem wissenschaftlichen  
Berater auf der kinderchirurgischen Pflegestation,  
Herrn Dr. med. H. Meier für die immer gern gewährte  
Unterstützung und Anleitung.

Weiter danke ich Herrn Prof. Dr. L. Horbach vom  
Institut für medizinische Statistik und Dokumentation  
und Herrn Dipl. math. Dr. W. Gonselmann für die  
statistische Beratung und die Einführung in das  
Gebiet der elektronischen Datenverarbeitung.

Ganz besonders darf ich mich auch bei  
Herrn Prof. Dr. K. Stehr, dem Direktor der  
Universitäts-Kinderklinik Erlangen, für sein  
freundliches Interesse und Entgegenkommen bedanken.





## LEBENS LAUF

Mein Name ist Karl Meyer. Ich wurde am 27. Februar 1951 in Obernzenn bei Uffenheim geboren.

Mein Vater, Hermann Meyer, war Polizeibeamter, er verstarb 1963. Meine Mutter, Kunigunde Meyer, geborene Rübner, ist kirchliche Angestellte.

Meine Eltern siedelten in meinem zweiten Lebensjahr nach Lauf /Pegn. um. Hier besuchte ich von 1957 bis 1962 die Katholische Konfessionsschule, anschließend neun Jahre lang das Willstätter-Gymnasium (früher Realgymnasium) in Nürnberg, das ich 1971 mit dem Abitur abschloß. Von Juni 1971 bis Dezember 1972 absolvierte ich in München den Grundwehrdienst.

Von 1973 bis 1974 belegte ich drei Semester Chemie an der Universität Erlangen. Zum Wintersemester 1974/75 bekam ich einen Studienplatz für Medizin an der Ruhr-Universität in Bochum, wo ich bis zur Ärztlichen Vorprüfung im August 1976 studierte. Zum Wintersemester 1976/77 wechselte ich zum ersten klinischen Semester an die Universität Erlangen zurück, wo ich seither das Medizinstudium fortführte. Die Ärztliche Prüfung bestand ich am 16.10.1980 in Erlangen.

Erlangen, 27.10.1980

Karl Meyer







